فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل۱ فصل اول: ۳

جمع آوری آمار و اطلاعات تکنولوژیها و ۳

انواع فرایندهای خطوط تولید در صنعت مس ۳

۱-۱. تاریخچه صنعت مس در جهان ۴
۱-۱-۱. تاریخچه صنعت مس در ایران(ملی مس) ۴
۱-۲. استخراج مس از کانه‌های سولفیدی (پیرومتالورژی) ۵
۱-۲-۱. خردایش ۷
۱-۲-۲. پرعیار کردن به روش فلوتاسیون ۸
۱-۲-۳. تشویه ۱۱
۱-۲-۴. ذوب مات ۱۱
۱-۲-۵. کنورتور ۱۶
۱-۲-۶. تولید پیوسته و تک مرحله‌ای مس ۱۷
۱-۲-۷. تولید آند مسی ۱۹
۱-۲-۸. پالایش الکترولیتی ۱۹
۱-۳. استخراج مس از کانه‌های اکسیدی (هیدرومتالورژی(SX-EW)) ۲۱
۱-۳-۱. لیچینگ ۲۲
۱-۳-۲. استخراج حلالی ۲۳
۱-۳-۳. پالایش الکترولیتی ۲۵
۱-۴. ذوب و ریخته‌گری کاتد مسی ۲۸

فصل۲ فصل دوم: ۲۹

معرفی انواع فرایند تولید و ارائه دسته بندی ۲۹

کارخانجات مس کشور از نظر تنوع تولید ۲۹

۲-۱. مجتمع مس نمونه یک ۳۰
۲-۱-۱. امور معدن ۳۲
۲-۱-۲. کارخانه ذوب ۳۲
۲-۱-۳. پالایشگاه ۳۳
۲-۱-۴. واحد ریخته‌گری پیوسته و ناپیوسته ۳۴
۲-۱-۵. لیچینگ ۳۴
۲-۱-۶. کارخانه اسید سولفوریک ۳۵
۲-۲. معرفی مجتمع مس نمونه چهار ۳۵
۲-۲-۱. معدن مس نمونه چهار ۳۵
۲-۲-۲. کارخانه تغلیظ ۳۶

energyenergy.ir

۲-۳. مجتمع مس نمونه هفت ۳۹
۲-۳-۱. کارخانه ذوب مس نمونه هشت ۳۹
۲-۳-۱-۱. انبار کنسانتره ۴۰
۲-۳-۱-۲. واحد خشک‌کن ۴۰
۲-۳-۱-۳. کوره ذوب فلش ۴۰
۲-۳-۱-۴. کوره الکتریکی ۴۱
۲-۳-۱-۵. کنورتور ۴۱
۲-۳-۱-۶. کوره تصفیه آندی ۴۱
۲-۳-۱-۷. چرخ ریخته‌گری ۴۲
۲-۳-۲. معرفی مجتمع نمونه دو ۴۲
۲-۳-۲-۱. واحد معدن ۴۲
۲-۳-۲-۲. واحد تغلیظ ۴۳

فصل۳ فصل سوم: ۴۵

آمار و اطلاعات مصارف انرژی کارخانجات مس کشور ۴۵

و ارائه شاخصهای مصرف انرژی در کارخانجات کشور ۴۵

۳-۱. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی واحد معدن ۴۵
۳-۱-۱. آمار تولید واحد معدن ۴۵
۳-۱-۲. آمار مصارف انرژی واحد معدن ۴۷
۳-۱-۳. محاسبه و تحلیل مصرف ویژه انرژی واحد معدن ۴۹
۳-۲. ارائه و تحلیل آمار تولید واحد تغلیظ ۵۳
۳-۲-۱. آمار مصارف انرژی واحدهای تغلیظ ۵۳
۳-۲-۲. محاسبه و تحلیل مصرف ویژه انرژی واحد تغلیظ ۵۶
۳-۳. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی واحد ذوب ۶۰
۳-۳-۱. آمار تولید واحدهای ذوب ۶۰
۳-۳-۲. آمار مصارف انرژی واحدهای ذوب ۶۲
۳-۳-۱. محاسبه و تحلیل مصرف ویژه انرژی واحد ذوب ۶۲
۳-۴. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی پالایشگاه ۶۶
۳-۵. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی لیچینگ ۶۹
۳-۶. ارائه و تحلیل آمار و اطلاعات مربوط به کل مجتمع مس نمونه یک ۷۳
۳-۷. جمع بندی اطلاعات مربوط به مصرف انرژی و ارائه شاخصهای مصارف انرژی در مراحل تولید مس در کشور ۷۶
3-8. سهم انرژی مصرف شده در کارخانجات مس کشور از کل انرژی بخش صنعت و کل کشور ۸۰

فصل۴ فصل چهارم: ۸۲

مطالعه زنجیره ارزش صنعت مس و نقش انرژی در این زنجیره ۸۲

۴-۱. مقدمه ۸۲
۴-۱-۱. قیمت جهانی مس ۸۳

energyenergy.ir

۴-۱-۲. مهمترین عوامل در تغییرات مس از سال ۱۹۶۵ تا سال ۲۰۱۵ ..... ۸۴
۴-۱-۳. ارزش افزوده ۸۷
۴-۲. محصولات، مواد اولیه و فراورده‌ها ۸۸
۴-۲-۱. سنگ مس ۸۹
۴-۲-۲. کنسانتره مس ۹۰
۴-۲-۳. مس آند ۹۰
۴-۲-۴. مس کاتد ۹۰
۴-۲-۵. لوله و مفتول مسی ۹۲
۴-۳. انرژی ۹۲
۴-۳-۱. صنعت انرژی بر ۹۳
۴-۳-۲. سهم هزینه هر یک از اجزای نهاده انرژی ۹۴
۴-۳-۳. میزان مصرف انرژی در هر واحد صنعتی تولید مس در جهان ۹۵
۴-۳-۳-۱. میزان مصرف انرژی در صنعت مس شیلی ۹۷
۴-۳-۴. میزان مصرف انرژی در مراحل تولید مس در کشور ۹۸
۴-۳-۴-۲. مقایسه میزان مصرف انرژی در صنعت مس ایران با کشور شیلی ۹۸
۴-۳-۵. بررسی تاثیر هدفمند سازی یارانه ها بر مس ۱۰۲
۴-۴. بازار ۱۰۲
۴-۴-۱. بازارهای مصرف مس ۱۰۳
۴-۵. فناوری ۱۰۵
۴-۶. منابع انسانی ۱۰۶
۴-۷. منابع فیزیکی ۱۰۶
۴-۸. منابع طبیعی ۱۰۶
۴-۹. تجارت خارجی ۱۰۸

فصل۵ فصل پنجم: ۱۰۹

جمع‌بندی سوابق مدیریت انرژی در واحدهای صنعتی ۱۰۹

۵-۱. مفاهیم مدیریت انرژی ۱۰۹
۵-۲. اهداف واحد مدیریت انرژی ۱۰۹
۵-۳. ضرورت واحد مدیریت انرژی در صنایع مس ایران ۱۱۰
۵-۴. مدیریت انرژی و ساختار آن در صنایع مس ایران ۱۱۱
۵-۵. مبانی استقرار واحد مدیریت انرژی درصنایع مس ایران ۱۱۱
۵-۵-۱. مدیریت انرژی و ساختار آن در صنایع مس ایران ۱۱۲
۵-۵-۲. ساختار پیشنهادی واحد مدیریت انرژی صنایع مس ایران ۱۱۳
۵-۵-۳. شرح وظایف فعالیت‌های واحد مدیریت انرژی کارخانه‌های صنایع مس ۱۱۳
۵-۶. مس نمونه یک ۱۱۶
۵-۶-۱. بهره وری ۱۱۷
۵-۶-۲. ارج نهادن به نیروی انسانی ۱۱۷
۵-۶-۳. افزایش بهره‌وری تجهیزات ۱۱۷

۵-۶-۴. استاندارد سازی ۱۱۹
۵-۶-۵. استاندارد سازی و مستند سازی فعالیتهای تعمیراتی و عملیاتی ۱۱۹
۵-۶-۶. بهبود روشها ۱۱۹
۵-۶-۶-۱. بهبود و اصلاح فرآیند ها ۱۱۹
۵-۶-۶-۲. ارتقاء تکنولوژی ۱۲۰
۵-۶-۷. بهینه سازی ۱۲۱
۵-۶-۷-۱. بهینه سازی هزینه ها ۱۲۱
۵-۶-۷-۲. بهینه سازی مصرف انرژی ۱۲۱
۵-۷. مس نمونه چهار ۱۲۱
۵-۷-۱. تاریخچه تشکیل کمیته انرژی در نمونه چهار ۱۲۱
۵-۷-۲. اقدامات در راستای مدیریت مصرف انرژی مس نمونه چهار ۱۲۴
۵-۷-۳. ریشه‌یابی علل مصرف بالای سوخت‌های فسیلی ۱۲۵
۵-۷-۴. ریشه‌یابی عوامل موثر بر مصرف سوخت‌های فسیلی ۱۲۶
۵-۷-۵. ریشه یابی عوامل موثر بر مصرف برق ۱۲۷
۵-۷-۶. ارائه برخی از راهکارهای مهم جهت صرفه‌جویی انرژی در فرآیندها و تجهیزات ۱۲۷
۵-۸. مس نمونه دو ۱۳۱

فصل۶ فصل ششم: ۱۳۳

جایگاه ایران در تولید مس در جهان ۱۳۳

و سهم ایران در ذخایر معدنی مربوطه در دنیا و نقش ایران ۱۳۳

۶-۱. ذخایر مس جهان ۱۳۳
۶-۱-۱. ذخایر مس ایران ۱۳۷
۶-۲. تولید مس در جهان ۱۳۸
۶-۲-۱. میزان تولید معدن مس در جهان ۱۳۸
۶-۲-۲. میزان تولید مس تصفیه شده در جهان ۱۴۲
۶-۲-۳. وضعیت تولید مس در ایران(شرکت ملی مس) ۱۴۴
۶-۳. معرفی ۱۰ شرکت برتر تولید کننده مس جهان در سال ۲۰۱۲ ..... ۱۴۶
۶-۴. ۲۰معدن نخست مس بر اساس ظرفیت در سال ۲۰۱۲ ..... ۱۴۹
۶-۵. ۲۰ کوره ذوب بزرگ مس بر اساس ظرفیت در سال۲۰۱۲ ..... ۱۵۰

فصل۷ فصل هفتم: ۱۵۱

ارائه آخرین شاخص های مصرف، دستاوردها و ۱۵۱

تکنولوژی های نوین تولید در کشورهای مختلف دنیا از دیدگاه مصرف انرژی ۱۵۱

۷-۱. تکنولوژی‌های تولید مس در واحدهای صنعتی دنیا ۱۵۱
۷-۲. معرفی بزرگترین کشورهای تولید کننده مس دنیا ۱۵۹
۷-۲-۱. میزان تولید مس تصفیه شده در جهان ۱۶۰
۷-۲-۲. صنعت مس در شیلی ۱۶۱

energyenergy.ir

۷-۲-۳. صنعت مس در ژاپن ۱۶۴
۷-۲-۴. صنعت مس در چین ۱۶۷
۷-۲-۵. صنعت مس در آمریکا ۱۶۸
۷-۳. مصرف ویژه انرژی در صنایع مس دنیا ۱۶۹
۷-۳-۱. میزان مصرف انرژی در هر واحد صنعتی تولید مس در جهان ۱۷۱
۷-۴. جمع بندی مقایسه‌ای مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا ۱۹۰

فصل۸ فصل هشتم: ۱۹۵

انجام مطالعات محک زنی بین المللی تکنولوژی تولید مس ۱۹۵

با محوریت انرژی ۱۹۵

۸-۱. انجام مطالعات محک زنی بین المللی تکنولوژی تولید با محوریت مطالعات شاخصهای انرژی ۱۹۵

فصل۹ فصل نهم: ۲۰۰

بررسی نقش انرژی در انواع تکنولوژیهای تولید و استخراج ۲۰۰

در هزینه تمام شده تولید مس ۲۰۰

فصل۱۰ فصل دهم: ۲۰۳

تعیین و دسته بندی راهکارهای ۲۰۳

بی هزینه، کم هزینه و پرهزینه بهینه سازی انرژی ۲۰۳

۱۰-۱. راهکارهای بی هزینه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور ۲۰۴
۱۰-۱-۱. مدیریت مصرف بهینه انرژی ۲۰۵
۱۰-۱-۲. استقرار استاندارد مدیریت انرژی ۲۰۵
۱۰-۱-۳. ارتقاء سیستم اندازه گیری(مانیتورینگ) از دیدگاه انرژی ۲۰۷
۱۰-۱-۴. ارتقاء مهارتهای کارکنان صنعت مس کشور از طریق آموزش ۲۰۹
۱۰-۱-۵. دستگاه های جدید آنالیز ۲۰۹
10-1-6. کلاس بندی الکترو موتورهای کارخانه بر اساس میزان بار گذاری: ۲۱۰
۱۰-۱-۷. راه حل‌های عملی جهت کاهش اثرات نامتعادلی ولتاژ ۲۲۲
۱۰-۱-۸. ضریب قدرت ۲۲۳
۱۰-۱-۹. بررسی ضریب بار ۲۲۴
۱۰-۱-۱۰. برنامه ریزی جهت افزایش راندمان ظرفیت ۲۲۴
۱۰-۱-۱۰-۱. به ظرفیت رساندن واحدها ۲۲۶
۱۰-۱-۱۰-۲. اجرای PM ۲۲۶
۱۰-۱-۱۰-۳. بررسی و کاهش توقفات ۲۲۷
۱۰-۱-۱۰-۴. تدوین برنامه منظم تعمیر و نگهداری تجهیزات فرآیندی و تأسیسات گرمایش و سرمایشی ۲۲۸
۱۰-۱-۱۱. اجرای مدیریت بار ۲۲۹
۱۰-۲. راهکارهای کم هزینه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور ۲۳۰
۱۰-۲-۱. استفاده از فناوری‌های جدید اکتشافی ۲۳۰

energyenergy.ir

۱۰-۲-۱-۱. ژئوشیمی اکتشافی ۲۳۰
۱۰-۲-۱-۲. تازه‌های اکتشافات ژئوفیزیکی ۲۳۱
۱۰-۲-۲. بهبود عملکرد الکترو موتورها و سیستم‌های مرتبط ۲۳۱
۱۰-۲-۳. استفاده از تسمه های cogged - belt و synchronus-belt بجای تسمه های flat-belt و v-belt در الکتروموتورها ۲۳۳
۱۰-۲-۴. بهبود کیفیت توان ۲۳۵
۱۰-۲-۵. ولتاژ مناسب شبکه ۲۳۵
۱۰-۲-۶. تقارن الکتریکی سه فاز ۲۳۷
۱۰-۲-۷. افزایش بازدهی الکتروموتورها با اجرای برنامه تعمیرات و نگهداری ۲۳۹
۱۰-۲-۸. کاهش تلفات داخلی الکتروموتور ۲۴۰
۱۰-۲-۹. ترویج بکارگیری محرکه های کنترل دور توان موتورهای الکتریکی (VSD) ۲۴۲
۱۰-۲-۱۰. کاربرد رایانه در صنعت مس ۲۴۲
۱۰-۲-۱۱. استفاده از قراضه های تمیز ۲۴۳
۱۰-۲-۱۲. استفاده از قراضه های فشرده یا قراضه‌های خرد شده ۲۴۴
۱۰-۲-۱۳. استفاده از قراضه‌های پیشگرم شده ۲۴۴
۱۰-۲-۱۴. کاهش دمای مذاب ۲۴۴
۱۰-۲-۱۵. عایق بندی مبدل های حرارتی ۲۴۵
۱۰-۳. راهکارهای پرهزینه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور ۲۴۵
۱۰-۳-۱. استفاده از انرژی های نو در معادن مس ۲۴۵
۱۰-۳-۲. استفاده از روش الکتروونینگ مس ۲۴۵
۱۰-۴. تولید مس از کنسانتره با فرآیند GALVANOX ۲۴۶
۱۰-۴-۱. مزایای فرآیند Galvanox ۲۴۶
۱۰-۴-۲. استفاده از الکترو موتورهای پر بازده ۲۴۷
۱۰-۴-۳. استفاده از جبران کننده های خازنی در صنعت ۲۵۰
۱۰-۴-۳-۱. جبران سازی انفرادی ۲۵۰
۱۰-۴-۳-۲. جبران سازی گروهی ۲۵۱
۱۰-۴-۳-۳. جبران سازی مرکزی ۲۵۱
۱۰-۴-۳-۴. تعیین قدرت خازن مورد نیاز ۲۵۱
۱۰-۴-۳-۵. تهویه خازن‌ها ۲۵۲
۱۰-۴-۴. بازیافت حرارت در چیلر جذبی ۲۵۲
۱۰-۴-۵. بهینه سازی مصرف سوخت کوره آند ۲۵۴
۱۰-۴-۵-۱. تاثیر دمای مواد ورودی و خروجی کوره آند بر مصرف سوخت ۲۵۵
۱۰-۴-۵-۲. تأثیر اکسیژن بر میزان مصرف سوخت ۲۵۷
۱۰-۴-۵-۳. تأثیر پیشگرم هوای احتراقی بر مصرف سوخت ۲۵۸
۱۰-۴-۶. استفاده از پمپ های گردشی ۲۶۰

فصل۱۱ فصل یازدهم: ۲۶۱

تحلیل فنی اقتصادی (هزینه-فایده) و اولویت بندی ۲۶۱

energyenergy.ir

اجرای راهکارهای صرفه جویی مصرف انرژی درکارخانجات کشور ۲۶۱

۱۱-۱. افزایش بازده استخراج مس درمجتمع مس نمونه یک با نگرشی بر عملیات انفجاری ۲۶۲
۱۱-۱-۱. بررسی عملیات حفاری، آتشباری و استخراج در معدن مس نمونه یک ۲۶۲
۱۱-۱-۲. پارامترهای مهم طراحی در عملیات آتشباری در معدن مس نمونه یک ۲۶۳
۱۱-۱-۳. ارزیابی مشکلات موجود در عملیات انفجاری معدن مس سرچشه و ارائه راهکارهای عملی جهت بهبود وضعیت آتشباری ۲۶۵
۱۱-۲. برنامه‌ریزی مدیریت بار با هدف کاهش هزینه‌های انرژی و دستیابی به مقادیر بهینه مصرف انرژی ۲۷۰
۱۱-۳. کلاس بندی الکتروموتورها بر اساس میزان بارگذاری ۲۷۲
۱۱-۴. ارائه راهکارهای کاهش مصرف در بخش روشنایی سالن‌های تولید و معابر ۲۷۳
۱۱-۴-۱. استفاده از لامپ های متال هالید به جای بخار جیوه ۲۷۳
۱۱-۴-۲. تحلیل اقتصادی استفاده از لامپ های متال هالید ۱۵۰ به جای بخار جیوه ۲۵۰ ..... ۲۷۵
۱۱-۵. ارائه راهکارهای کاهش مصرف در بخش روشنایی ساختمان‌های اداری ۲۷۶
۱۱-۵-۱. استفاده از لامپ‌های فلورسنت قطر کم (T8) ۲۷۶
۱۱-۵-۲. تحلیل اقتصادی استفاده از لامپ‌های فلورسنت قطر کم (T8) ۲۷۷
۱۱-۶. استفاده از بالاست‌های الکترونیکی ۲۷۷
۱۱-۶-۱. تحلیل اقتصادی استفاده از بالاست‌های الکترونیکی ۲۷۸
۱۱-۷. استفاده از درایو کنترل دور (VSD) بر روی موتورها ۲۷۸
۱۱-۷-۱. تحلیل اقتصادی استفاده از درایو کنترل دور (VSD) بر روی موتورها ۲۸۱
۱۱-۸. استفاده ازتسمه‌های COGGED-BELT و SYNCHRONUS-BELT بجای تسمه‌های FLAT-BELT و V-BELT در الکتروموتورها ۲۸۱
۱۱-۹. فرصتهای صرفه‌جویی انرژی در کوره‌ها ۲۸۴
۱۱-۹-۱. بررسی فنی اقتصادی پیشگرمایش هوای احتراق کوره ها ۲۸۶
۱۱-۹-۲. بررسی فنی اقتصادی به حداقل رساندن تلفات حرارتی دیواره‌های کوره ها ۲۹۱
۱۱-۱۰. بررسی فنی اقتصادی استفاده از اکسیژن خالص به عنوان هوای احتراق کوره ها ۲۹۴
۱۱-۱۱. اولویت بندی اجرای راهکارهای صرفه جویی مصرف انرژی در صنایع مس کشور بر اساس زمان بازگشت سرمایه ۳۰۱

فصل۱۲ فصل دوازدهم: ۳۰۴

مطالعه و شناسایی تهدیدها و ۳۰۴

فرصت های پیش روی صنعت مس کشور با محوریت انرژی ۳۰۴

۱۲-۱. مقدمه ۳۰۴
۱۲-۲. تحلیل SWOT ۳۰۴
۱۲-۳. تحلیل صنعت مس و عوامل تاثیرگذار بر صنعت مس کشور با محوریت انرژی ۳۰۵
۱۲-۳-۱. ضعفها، قوتها، فرصتها و تهدیدهای موجود در صنعت مس کشور ۳۰۵
۱۲-۳-۲. شناسایی نقاط قوت و ضعف ۳۰۶
۱۲-۳-۳. شناسائی فرصت‌ها و تهدیدات محیطی ۳۰۸
۱۲-۳-۴. ماتریس عوامل تاثیرگذار (ضعفها، قوتها، فرصتها و تهدیدها) بر صنعت مس کشور ۳۰۹
۱۲-۳-۵. قدرت رقبا ۳۱۴

فصل۱۳ فصل سیزدهم: ۳۱۵

مدل توسعه فناوری و تکنولوژی ۳۱۵

در صنایع جدیدالاحداث و موجود با استفاده از ۳۱۵

مطالعات تهدیدها و فرصت ها و با محوریت مدیریت انرژی ۳۱۵

۱۳-۱. استفاده از فناوری‌های جدید محور فعالیت‌های اکتشافی مس ۳۱۵
۱۳-۱-۱. ژئوشیمی اکتشافی ۳۱۷
۱۳-۱-۲. تازه‌های اکتشافات ژئوفیزیکی ۳۱۹
۱۳-۱-۳. آخرین روش‌های مورد استفاده در حفاری اکتشافی ۳۲۱
۱۳-۱-۴. دستگاه های جدید آنالیز ۳۲۳
۱۳-۲. الکتروویینگ مس ۳۲۳
۱۳-۲-۱. روندها و گرایش های اخیر در تکنولوژی الکتروویینگ ۳۲۴
۱۳-۲-۱-۱. تکنولوژی های آینده ۳۲۵
۱۳-۲-۱-۲. کاهش انرژی مصرفی و برخورد محیطی ۳۲۵
۱۳-۲-۱-۳. افزایش بهروری ۳۲۶
۱۳-۲-۱-۴. فرصت توسعه فرایند ۳۲۶
۱۳-۲-۱-۵. نتیجه گیری ۳۲۶
۱۳-۳. روشی جدید برای استخراج مس ۳۲۶
۱۳-۳-۱. استخراج گرمایی ۳۲۷
۱۳-۳-۲. روش های استخراج جدید ۳۲۷
۱۳-۳-۲-۱. استخراج با حلال ۳۲۸
۱۳-۳-۲-۲. استخراج با باکتری ۳۳۰
۱۳-۳-۲-۳. ضرورت اجرای طرح استخراج با باکتری ۳۳۱
۱۳-۳-۳. نتیجه گیری ۳۳۱
۱۳-۴. تولید مس کاتدی از غبار کوره های ذوب ۳۳۲
۱۳-۵. بررسی وضعیت احتراق کوره ریورب مس نمونه یک و تاثیر آن بر عیار مات و مقدار مگنتیت سرباره ۳۳۲
۱۳-۵-۱. نتیجه گیری ۳۳۳
۱۳-۶. ذوب کنسانتره مس در کنورترهای پیرس - اسمیت کارخانه ذوب اوناهاما ۳۳۳
۱۳-۶-۱. عملیات کنورتر پیرس – اسمیت ۳۳۴
۱۳-۶-۲. تاثیر ذوب کنسانتره در کنورتر پیرس -اسمیت ۳۳۷
۱۳-۶-۳. نتیجه گیری ۳۳۸
۱۳-۷. تولید مس از کنسانتره با فرآیند GALVANOX ۳۳۸
۱۳-۷-۱. مزایای فرآیند Galvanox ۳۳۹
۱۳-۷-۲. واکنشهای شیمیایی فرآیند Galvanox ۳۳۹
۱۳-۷-۳. مقایسه روش Galvanox با تکنولوژیهای مشابه ۳۴۲
۱۳-۸. استفاده از مخلوط آمونیاک و کربنات آمونیوم جهت انحلال کنسانتره کالکوپیریت مجتمع مس نمونه یک در فشار محیط و دمای متوسط ۳۴۳

۱۳-۹. استخراج مس به روش متالورژی ۳۴۵
۱۳-۱۰. تولید اکسید مس به روش الکترو شیمیایی ۳۴۶
۱۳-۱۱. پروژه تغییر تکنولوژی کارخانه ذوب مجتمع مس نمونه یک ۳۴۶

فصل۱۴ فصل چهاردهم: ۳۴۸

هدف گذاری و تعیین شاخص مصرف انرژی ۳۴۸

در کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت صنعت تولید مس در کشور ۳۴۸

۱۴-۱. ارائه برنامه کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برای پیاده سازی راهکارهای عملی بهینه سازی مصرف انرژی.. ۳۴۸
۱۴-۲. هدف گذاری و تعیین شاخص مصرف انرژی در کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت صنعت تولید مس در کشور ۳۵۴
۱۴-۲-۱. چشم انداز مصرف انرژی در سال های آتی ۳۵۷

فصل۱۵ فصل پانزدهم: ۳۵۸

نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور ۳۵۸

۱۵-۱. مراحل اجرای کار ۳۵۸
۱۵-۲. اهداف کلان در نقشه راه بهینه سازی انرژی صنعت مس کشور ۳۵۹
۱۵-۳. حوزه های فعالیت برای رسیدن به اهداف ۳۶۰
۱۵-۴. شناسایی نقاط قوت و ضعف و تهدیدها و فرصتها ۳۶۰
۱۵-۵. تشریح اهداف کلان و تعریف اهداف خرد در نقشه راه صنعت مس کشور ۳۶۳
۱۵-۵-۱. پایین آوردن هزینه به ازای تولید ۳۶۳
۱۵-۵-۲. رسیدن به بالانس (تعادل) قابل قبول در مسائل اقتصادی، انرژی و زیست محیطی ۳۶۶
۱۵-۵-۳. مدیریت سرمایه‌گذاری در تکنولوژیهای نوین از دیدگاه انرژی ۳۶۷
۱۵-۵-۴. دستیابی به منابع قابل اعتماد و بهبود راندمان انرژی ۳۶۸
۱۵-۵-۵. منابع انسانی کارآمد، آشنا و متعهد به بهینه سازی انرژی ۳۶۹
۱۵-۵-۶. تامین بازار و محصولات ۳۶۹
۱۵-۶. راهکارهای پیشنهادی برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس ایران و اولویت بندی آنها ... ۳۷۰
۱۵-۶-۱. اقدامات اصلاحی در حوزه اول ۳۷۱
۱۵-۶-۲. اقدامات اصلاحی در حوزه دوم ۳۷۳
۱۵-۶-۳. اقدامات اصلاحی در حوزه سوم ۳۷۴
۱۵-۶-۴. اقدامات اصلاحی در حوزه تامین بازار و محصولات ۳۷۶
۱۵-۷. جمع‌بندی اقدامات اصلاحی پیش بینی شده در زنجیره تولید مس ۳۸۰

مراجع ۳۸۱

energyenergy.ir

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل۱-۱. تغییرات متوسط گرید مس در روشهای استخراج روباز و زیرزمینی [۵] ۶
شکل۱-۲. مراحل مختلف تولید مس از استخراج تا تولید محصول نهایی [۶] ۷
شکل۱-۳. یک سیکل آسیابکاری و چگونگی کنترل اندازه ذرات در آن [۱]..... ۸
شکل۱-۴. یک فلوشیت معمول از فرآیند تغلیظ مس [۱]..... ۱۰
شکل۱-۵. شمایی از دو نوع سلول فلوتاسیون[۱]..... ۱۰
شکل۱-۶. سهم روشهای مختلف ذوب مات در تولید مس [۸] ۱۲
شکل۱-۷. شمایی از یک کوره ریورب ۱۳
شکل۱-۸. شمایی از یک کوره فلش اتوکمپو [۱]..... ۱۳
شکل۱-۹. طرح کلی اینکو ، کارخانه HURLEY در نیومکزیکو [۱] ۱۴
شکل۱-۱۰. شمایی از یک کوره نوراندا [۶]..... ۱۶
شکل۱-۱۱. شمای کلی کنورتور پیرس اسمیت و مراحل مختلف کار کنورتور ۱۷
شکل۱-۱۲. شمایی از فرآیند میتسوبیشی[۱۰]..... ۱۸
شکل۱-۱۳. شمایی از فرآیند الکترولیز در پالایشگاه الکترولیتی ۱۹
شکل۱-۱۴. فلوشیت یک واحد پالایشگاه صنعتی[۱]..... ۲۰
شکل۱-۱۵. چگونگی قرار گرفتن آند و کاتد در سلول الکترولیز[۱] ۲۱
شکل۱-۱۶. شماتیک فرآیند استخراج مس به روش هیدرومتالورژی[۱] ۲۳
شکل۱-۱۷. شماتیک فرآیند استخراج حلالی [۱]..... ۲۵
شکل۱-۱۸. شمایی از یک سلول پالایش الکترولیتی [۱] ۲۶
شکل۱-۱۹. سهم هر یک از دو فرآیند پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی در تولید مس در دنیا (واحد ۱۰۰۰ تن) [۵]..... ۲۷
شکل۱-۲۰. مقایسه فلوشیت کلی روش‌های کوره‌های تشعشعی، ریورب و روش SX-EW [۱۱] ۲۸
شکل۲-۲. نمایی از معدن مجتمع مس نمونه یک..... ۳۱
شکل۲-۳. نمودار گردش کار در مجتمع مس نمونه یک ۳۲
شکل۲-۴. نقشه فرآیندی پالایشگاه ۳۴
شکل۲-۵. فلوشیت فرآیند پر عیار سازی ۳۷

energyenergy.ir

شکل۲-۶. نمودار گردش کار کارخانه ذوب نمونه هشت ۴۰
شکل۲-۷. نمودار گردش کار کارخانه تغلیظ نمونه دو..... ۴۴
شکل۳-۱. مقایسه تولید کانیهای سولفیدی، اکسیدی و باطله در معدن مجتمع‌های مس کشور ۴۷
شکل۳-۲. بررسی تغییرات مصرف ویژه انرژی واحد معدن مجتمع مس نمونه یک با محتوی مس تولیدی ۵۱
شکل۳-۳. بررسی تغییرات مصرف ویژه انرژی واحد معدن مجتمع مس نمونه دو با محتوی مس تولیدی ۵۲
شکل۳-۴. بررسی تغییرات مصرف ویژه انرژی واحد معدن مجتمع مس نمونه چهار با محتوی مس تولیدی .. ۵۲
شکل۳-۵. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد تغلیظ مجتمع مس نمونه یک با محتوی مس تولیدی..... ۵۸
شکل۳-۶. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد تغلیظ مجتمع مس نمونه دو با محتوی مس تولیدی ۵۹
شکل۳-۷. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد تغلیظ مجتمع مس نمونه چهار با محتوی مس تولیدی ۵۹
شکل۳-۸. تغییرات مصرف ویژه انرژی با محتوی مس تولیدی واحد ذوب نمونه هشت طی سه سال متوالی ۶۵
شکل۳-۹. تغییرات مصرف ویژه کل انرژی با محتوی مس تولیدی واحد ذوب نمونه یک طی سه سال متوالی ۶۵
شکل۳-۱۰. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد ذوب نمونه یک با محتوی مس تولیدی ۶۶
شکل۳-۱۱. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد ذوب نمونه هشت با محتوی مس تولیدی ۶۶
شکل۳-۱۲. تغییرات مصرف ویژه انرژی الکتریکی با محتوی مس کاتد تولیدی پالایشگاه مجتمع طی سه سال متوالی ۶۸
شکل۳-۱۳. تغییرات مصرف انرژی الکتریکی پالایشگاه با محتوی مس تولیدی این واحد طی سه سال متوالی ۶۹
شکل۳-۱۴. سهم انرژی فسیلی و انرژی الکتریکی در واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک ۷۱
شکل۳-۱۵. تغییرات مصرف ویژه انرژی الکتریکی با محتوی مس کاتد تولیدی در واحد لیچینگ نمونه یک طی سه سال متوالی ۷۲
شکل۳-۱۶. تغییرات مصرف انرژی الکتریکی پالایشگاه با محتوی مس تولیدی این واحد طی سه سال متوالی ۷۲
شکل۳-۱۷. سهم مصرف انرژی فسیلی واحدهای مجتمع مس نمونه یک ۷۵
شکل۳-۱۸. سهم مصرف انرژی الکتریکی واحدهای مجتمع مس نمونه یک ۷۵
شکل۳-۱۹. سهم انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در واحد پالایش مجتمع مس نمونه یک ۷۶
شکل۳-۲۰. سهم مصارف انرژی دربخش های مختلف از کل انرژی مصرفی در کشور در سال۱۳۹۰..... ۸۰
شکل۳-۲۱. درصد سهم انرژی مصرفی در بخش های مختلف صنعت ۸۱
شکل۴-۱. قیمت نقطه ای مس و خط روند افزایش ۸۳

شکل۴-۲. نرخ نوسانات قیمت مس در بازار لندن ۸۵
شکل۴-۳. نمودار قیمت جهانی مس ۸۶
شکل۴-۴. زنجیره تامین مس ۸۹
شکل۴-۵. نمودار تولید جهانی مس، ۲۰۱۰-۲۰۰۵ ..... ۹۱
شکل۴-۶. متوسط مصرف ویژه انرژی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی برای سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷.....۹۷
شکل۴-۷. میزان مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در مراحل تولید مس در صنعت مس کشور ۹۸
شکل۴-۸. مقایسه MJ/T مس محتوی انرژی های مصرفی به تفکیک کارخانجات با شیلی در سال ۲۰۰۹ میلادی ۹۹
شکل۴-۱۰. سهم انرزی الکتریکی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۸.....۱۰۰
شکل۴-۱۱. سهم انرزی الکتریکی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۹ .....۱۰۰
شکل۴-۱۲. سهم انرژی های فسیلی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۸ .....۱۰۱
شکل۴-۱۳. سهم انرژی های فسیلی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۹ .....۱۰۱
شکل۴-۱۴. نمودار سهم مصرف مس تصفیه شده براساس نوع محصول ۱۰۴
شکل۵-۱. ساختار سازمانی واحد مدیریت انرژی برای صنایع مس ایران ۱۱۳
شکل۵-۲. فلوچارت روند انجام کار کمیته بهینه‌سازی مصرف انرژی ۱۲۳
شکل۵-۳. ریشه‌یابی علل مصرف بالای سوخت‌های فسیلی ۱۲۵
شکل۵-۴. ریشه‌یابی عوامل موثر بر مصرف سوخت‌های فسیلی.....۱۲۶
شکل۵-۵. ریشه یابی عوامل موثر بر مصرف برق ۱۲۷
شکل۵-۶. ساختار سازمانی پیشنهادی واحد مدیریت انرژی برای مجتمع مس نمونه دو ۱۳۱
شکل۶-۱. میزان ذخایر پایه و اقتصادی مس در جهان در سال های ۱۹۹۵- ۲۰۰۴ ..... ۱۳۴
شکل۶-۲. ذخایر پایه و اقتصادی کشورهای دارای بیشترین ذخایر مس جهان در سال ۲۰۰۴ .....۱۳۵
شکل۶-۳. میزان ذخایرمس دنیا به تفکیک کشورها ۱۳۶
شکل۶-۴. تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۲..... ۱۳۹
شکل۶-۵. سهم هر یک از کشورهای عمده تولید کننده مس در تولید جهانی و پیش بینی آن تا ۲۰۱۸.....۱۴۲
شکل۶-۶. تولید مس پالایشی در جهان در سال ۲۰۱۲ ..... ۱۴۳
شکل۶-۷. معرفی ۱۰ شرکت برتر تولید کننده مس جهان در سال ۲۰۱۲ ، منبع: CRU.....۱۴۶
شکل۷-۱. بالانس حرارتی متداول یک کوره فلش[۳۲]..... ۱۵۲

شکل۷-۲. محل‌های استخراج معدن، تولید و مصرف مس در مناطق مختلف دنیا[۳۴] ۱۵۶
شکل۷-۳. سهم هر یک از تکنولوژی‌های مورد استفاده برای تولید مس در سطح دنیا[۳۴]..... ۱۵۷
شکل۷-۴. میزان تولید مس در دنیا [۳۶] ۱۵۸
شکل۷-۵. میزان تقاضای مس در مناطق مختلف دنیا[۳۶]..... ۱۵۹
شکل۷-۶. سهم کشورهای مختلف دنیا در تولید مس [۳۷]..... ۱۵۹
شکل۷-۷. تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۲ ..... ۱۶۰
شکل۷-۸. تولید مس پالایشی در جهان در سال ۲۰۱۲..... ۱۶۱
شکل۷-۹. سهم کشور شیلی در تولید مس دنیا در سالهای مختلف[۳۸]..... ۱۶۲
شکل۷-۱۰. سهم شیلی در تولید مس به روش هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی در سال ۲۰۰۸[۳۸]..... ۱۶۲
شکل۷-۱۱. سهم صنعت مس شیلی از کل انرژی مصرفی در این کشور[۳۸] ۱۶۳
شکل۷-۱۲. مقایسه سهم انرژی الکتریکی و فسیلی در تأمین انرژی مراحل مختلف فرآیند تولید مس در شیلی[۳۸] ۱۶۴
شکل۷-۱۳. سهم کل انرژی مصرفی در مراحل مختلف تولید[۳۸]..... ۱۶۴
شکل۷-۱۴. نرخ مصرف انرژی در کارخانه TOYO [۳۶]..... ۱۶۷
شکل۷-۱۵. میزان مصرف و ظرفیت تولید مس در کشور چین در بخش‌های مختلف معدن، ذوب و پالایش [۴۳] ۱۶۸
شکل۷-۱۶. انرژی موردنیاز بخشهای مختلف فرآیند تولید مس ۱۶۹
شکل۷-۱۷. میزان متوسط انرژی لازم(MJ/KG)برای تولید فلزات در سال های ۲۰۰۰ ، ۲۰۰۱ ، ۲۰۰۲ ..... ۱۷۰
شکل۷-۱۸. روند تغییرات شدت مصرف انرژی دو بخش ذوب و پالایش از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ برای تهیه مس ۱۷۳
شکل۷-۱۹. بررسی روند تغییرات مصرف ویژه انرژی مجتمع مس پریدوب طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹..... ۱۷۴
شکل۷-۲۰. روند تغییرات مصرف ویژه انرژی تولید کلاف لوله‌های مسی از سنگ معدن مس براساس عیار سنگ معدن ۱۷۶
شکل۷-۲۱. میزان انرژی مصرفی برحسب غلظت سنگ معدن ۱۷۷
شکل۷-۲۲. متوسط مصرف ویژه انرژی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی برای سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷..... ۱۸۳
شکل۷-۲۳. مصرف ویژه انرژی الکتریکی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی ۱۸۴
شکل۷-۲۴. متوسط مصرف ویژه انرژی صنایع تولید فلزات اروپا از سنگ معدن آنها..... ۱۸۵

energyenergy.ir

شکل۷-۲۵. فرآیند تولید کنسانتره مس به همراه انرژی موردنیاز ۱۸۶
شکل۷-۲۶. میزان انرژی مصرفی به ازاء تولید هر تن مس در ۳۰ کارخانه تولید مس دنیا[۲۹] ۱۸۷
شکل۷-۲۷. سهم هر یک از انواع منابع تأمین انرژی در تأمین انرژی موردنیاز در ۳۰ کارخانه تولید مس دنیا[۲۹] ۱۸۸
شکل۷-۲۸. تغییرات تولید مس و مصرف انرژی تا سال ۲۰۰۴ [۴۱] ۱۸۹
شکل۷-۲۹. متوسط مصرف انرژی به ازاء هر تن تولید[۴۱] ۱۸۹
شکل۱۰-۱. نمودار افزایش سهم راهکارهای مدیریتی در میزان صرفه‌جویی با گذشت زمان..... ۲۰۶
شکل۱۰-۲. نقش ممیزی انرژی مستمر در کاهش هزینه های انرژی صنایع ۲۰۷
شکل۱۰-۳. دیاگرام راندمان موتور بر حسب مقدار توان آن ۲۲۲
شکل۱۰-۴. افزایش دما با توجه به ولتاژهای نامتعادل ۲۲۳
شکل۱۰-۵. تغییرات ضریب قدرت متناسب با بار موتور ۲۲۴
شکل۱۰-۶. نمونه ای از تسمه های FLAT-BELT و COGGED [۹۶] ۲۳۴
شکل۱۰-۷. منحنی مصرف توان یک موتور با دو نوع تسمه FLAT-BELT و COGGED در بارهای مختلف[۹۷] ۲۳۴
شکل۱۰-۸. اثرات تغییرات ولتاژ بر عملکرد الکتروموتورها ۲۳۶
شکل۱۰-۹. ارتباط تغییرات مربوط به افزایش دما با عمر عایق ۲۳۷
شکل۱۰-۱۰. افزایش دما با توجه به ولتاژهای نامتعادل ۲۳۸
شکل۱۰-۱۱. دلایل نامناسب بودن سایز موتورها ۲۴۱
شکل۱۰-۱۲. صرفه جویی انرژی بوسیله تعویض اتصال در یک موتور ۷/۵ کیلووات ۲۴۲
شکل۱۰-۱۳. منحنی بازده موتورهای الکتریکی ۲۴۸
شکل۱۰-۱۴. چرخه تبرید جذبی آمونیاکی ۲۵۴
شکل۱۰-۱۵. مصرف سوخت بر حسب دمای شارژ ۲۵۶
شکل۱۰-۱۶. مصرف سوخت برحسب تغییر تناژ ورودی در دماهای مختلف ۲۵۶
شکل۱۰-۱۷. مصرف سوخت بر حسب دمای گازهای خروجی دمای شارژ ۱۲۰۰ ..... ۲۵۷
شکل۱۰-۱۸. مصرف سوخت بر حسب دمای سرباره با تناژ متغیر دمای شارژ ۱۱۰۰ ..... ۲۵۷
شکل۱۰-۱۹. تاثیر افزایش اکسیژن بر مصرف سوخت ۲۵۸
شکل۱۰-۲۰. تاثیرافزایش اکسیژن برحجم هوای ورودی ۲۵۸
شکل۱۰-۲۱. تاثیر پیش گرم هوای احتراقی بر مصرف سوخت..... ۲۵۹

شکل۱۰-۲۲. تاثیر پیش گرم هوای احتراقی برحجم هوای ورودی ۲۵۹
شکل۱۰-۲۳. نمایی ساده از پمپ های گردشی ۲۶۰
شکل۱۱-۱. مشکلات عمده حفاری و انفجار و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع معضلات طراحی بصورت شماتیک ۲۶۸
شکل۱۱-۲. محاسبه بردن (BURDEN) به روشهای گوناگون برای معدن نمونه یک..... ۲۶۹
شکل۱۱-۳. دیاگرام راندمان موتور بر حسب مقدار توان آن ۲۷۳
شکل۱۱-۴. مدار مربوط به لامپ متال هالید ۲۷۴
شکل۱۱-۵. مدار مربوط به لامپ بخار جیوه ۲۷۴
شکل۱۱-۶. مصرف انرژی الکتروموتور فن ها و پمپ ها در سرعت های مختلف موتور ۲۸۰
شکل۱۱-۷. نمونه ای از تسمه های FLAT-BELT و COGGED[۱۱۵] ۲۸۲
شکل۱۱-۸. منحنی مصرف توان یک موتور با دو نوع تسمه FLAT-BELT و COGGED در بارهای مختلف[۱۱۶] ۲۸۲
شکل۱۱-۹. اثرکنترل هوای اضافی در راندمان کوره ۲۸۵
شکل۱۱-۱۰. میزان اتلاف حرارت از طریق گازهای خروجی..... ۲۸۵
شکل۱۱-۱۱. میزان صرفه‌جویی سوخت با استفاده از پیش‌گرم کردن هوای احتراق برای سوخت مازوت ۲۸۶
شکل۱۱-۱۲. میزان صرفه‌جویی سوخت با استفاده از پیش‌گرم کردن هوای احتراق برای سوخت گازطبیعی ۲۸۷
شکل۱۱-۱۳. شماتیکی از کوره ذوب مس فلاش اتوکمپو..... ۲۸۸
شکل۱۱-۱۴. شماتیکی از عملیات ذوب مس در فرایند ذوب فلاش اتوکمپو ۲۸۸
شکل۱۱-۱۵. شماتیکی از بازیابی حرارت از دودکش کوره ۲۸۹
شکل۱۱-۱۶. تاثیر دمای هوای پیشگرم بر مقدار سوخت مصرفی کوره A)محفظه واکنش B)ستلر C)آپتیک ۲۹۰
شکل۱۱-۱۷. تاثیر دمای هوای پیشگرم بر مقدار هوای مورد نیاز کوره A)محفظه واکنش B)ستلر C)آپتیک ۲۹۰
شکل۱۱-۱۸. اتلاف حرارت تشعشعی از دیواره‌های کوره ۲۹۲
شکل۱۱-۱۹. تاثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر میزان سوخت در کوره فلاش ۲۹۵
شکل۱۱-۲۰. تاثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر درصد حجمی گازSO2 A)محفظه واکنش B)ستلر C)آپتیک ۲۹۷
شکل۱۱-۲۱. تاثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر درصد حجمی گازCO2 A)محفظه واکنش B)ستلر C)آپتیک ۲۹۸

شکل۱۱-۲۲. تاثیر مقدار اکسیژن بر نسبت گرمای محسوس گازهای خروجی به گرمای کل در کوره ۲۹۹

شکل۱۱-۲۳. تاثیر مقدار اکسیژن بر نسبت گرمای تولیدی واکنش های شیمیایی به گرمای کل در کوره ۳۰۰

شکل۱۳-۱. خلاصه عملیات استخراج به روش گرمایی ۳۲۷

شکل۱۳-۲. مراحل پالایش و استخراج مس به روش استخراج با حلال ۳۲۸

شکل۱۳-۳. خلاصه عملیات استخراج با حلال ۳۲۹

شکل۱۳-۴. انحلال توده ای بازیابی مس به روش استخراج با حلال و استخراج الکترولیتی ۳۳۰

شکل۱۳-۵. فلو چارت فرایند کارخانه ذوب و پالایش اوناهاما ۳۳۴

شکل۱۳-۶. چیدمان و ترتیب تزریق کنسانتره مس به درون کنورتر پیرس – اسمیت ۳۳۵

شکل۱۳-۷. تغییرات کنسانتره مس ذوب شده در کنورترهای پیرس -اسمیت ۳۳۶

شکل۱۳-۸. مقایسه توزیع برخی ناخالصی ها در محصولات کنورتر در دو حالت استفاده از شارژ کنسانتره مس به کنورترهای پیرس- اسمیت (PRESENT) و بدون استفاده از آن (PREVIOUS) ۳۳۷

شکل۱۳-۹. افزایش مصرف ASR بعنوان سوخت در کوره های ریورب ۳۳۸

شکل۱۳-۱۰. شماتیک واکنش لیچینگ الکتروشیمیایی ۳۴۰

شکل۱۳-۱۱. شماتیک واکنش لیچینگ الکتروشیمیایی بر پایه اثر گالوانیکی کانیها ۳۴۰

شکل۱۳-۱۲. شماتیک فرآیند GALVANOX ۳۴۱

شکل۱۴-۱. تاثیر اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بر میزان مصرف انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در واحدهای معدن، تغلیظ و ذوب و پالایش مس کشور ۳۵۳

شکل۱۴-۲. مقایسه مصرف ویژه انرژی در واحد معدن کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت با متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا ۳۵۴

شکل۱۴-۳. مقایسه مصرف ویژه انرژی در واحد تغلیظ کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت با متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا ۳۵۵

شکل۱۴-۴. مقایسه مصرف ویژه انرژی در واحد ذوب و پالایش کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت با متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا ۳۵۶

شکل۱۴-۵. میزان مصرف ویژه انرژی بر حسب GJ/TON در مراحل مختلف تولید مس پس از اجرای راهکارها به مدت ده سال ۳۵۷

شکل۱۴-۶. میزان مصرف ویژه انرژی بر حسب KWH/TON در مراحل مختلف تولید مس پس از اجرای راهکارها به مدت ده سال ۳۵۷

شکل۱۵-۱. میزان مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس در ایران، متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا برحسب GJ/TON ۳۷۷

شکل۱۵-۲. میزان مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس در ایران، متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا برحسبKWH/TON ۳۷۷

شکل۱۵-۳. میزان مصرف ویژه انرژی در واحدهای معدن، تغلیظ، ذوب و پالایش کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت.....۳۷۹

شکل۱۵-۴. نگاهی گذرا(مروری) بر نقشه راه ۳۸۰

energyenergy.ir

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱. تاریخ راه اندازی واحدهای مختلف شرکت ملی صنایع مس ایران ۵

جدول۱-۲. لیست کوره‌های اتوکمپو راه‌اندازی شده در دنیا تا سال ۲۰۰۰ ..... ۱۵

جدول۲-۱. مهمترین معادن مس ایران ۳۰

جدول۳-۱. آمار تولید واحد معدن مجتمع‌های مس کشور ۴۶

جدول۳-۲. مقایسه حاملهای انرژی مصرفی واحد معدن مجتمع های مس کشور ۴۸

جدول۳-۳. مقایسه مصارف ویژه حرارتی، الکتریکی و کل واحدهای معدن مجتمع‌های مس کشور ۵۰

جدول۳-۴. مقایسه‌ای بین فاکتورهای تاثیر گذار بر مصرف ویژه انرژی معدن در سه مجتمع مس مورد مطالعه ۵۳

جدول۳-۵. آمار تولید واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس کشور ۵۴

جدول۳-۶. مقایسه مصارف حاملهای انرژی واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس کشور ۵۵

جدول۳-۷. مقایسه مصارف ویژه حرارتی، الکتریکی و کل واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس کشور ۵۷

جدول۳-۸. مقایسه‌ای بین فاکتورهای تاثیر گذار بر مصرف ویژه انرژی تغلیظ در سه مجتمع مس مورد مطالعه ۶۰

جدول۳-۹. آمار تولید واحدهای ذوب مجتمع‌های مس کشور ۶۱

جدول۳-۱۰. آمار مصارف انرژی واحدهای ذوب مجتمع‌های مس کشور ۶۳

جدول۳-۱۱. مصارف ویژه انرژی واحدهای ذوب مجتمع‌های مس کشور ۶۴

جدول۳-۱۲. آمار ماهیانه تولید و انرژیهای مصرفی پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک ۶۷

جدول۳-۱۳. آمار ماهیانه مصارف ویژه انرژی پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک ۶۸

جدول۳-۱۴. آمار ماهیانه تولید و انرژیهای مصرفی لیچینگ مجتمع مس نمونه یک ۷۰

جدول۳-۱۵. آمار ماهیانه مصارف ویژه انرژی واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک ۷۱

جدول۳-۱۶. آمار تولید واحدهای مختلف مس نمونه یک ۷۴

جدول۳-۱۷. جمع‌بندی مصرف انرژی به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در واحدهای مختلف تولید مس در مجتمع های مس کشور ۷۷

جدول۳-۱۸. جمع‌بندی مصرف انرژی در واحدهای مختلف تولید مس در مجتمع های مس کشور ۷۷

جدول۳-۱۹. جمع‌بندی مصرف ویژه انرژی فرایندهای تولید مس کشور از کانی تا مس پالایش شده با دو روش پیرومتالورژی و هیدرو متالوژی ۷۸

جدول۳-۲۰. مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در مجتمع های مس کشور ۷۹
جدول۴-۱. میزان تولید کنسانتره مس، ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ ..... ۹۰
جدول۴-۲. میزان تولید مس آند از ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ ..... ۹۰
جدول۴-۳. میزان تولید مس کاتد از ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ ..... ۹۰
جدول۴-۴. تولید مس کاتد طی برنامه‌های توسعه ای ۹۱
جدول۴-۵. تولید جهانی مس، ۲۰۱۰-۲۰۰۵ ..... ۹۱
جدول۴-۶. میزان تولید در برنامه‌های توسعه ای ۹۱
جدول۴-۷. میزان تولید میله و مفتول از ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ ..... ۹۲
جدول۴-۸. صنایع زیر گروه صنعت کد ۲۷ در طبقه‌بندی کالاها و خدمات (ISIC) ۹۳
جدول۴-۹. سهم هریک از اجزای اصلی نهاده انرژی ۵ صنعت زیرگروه کد۲۷ دردوره ۸۶-۱۳۸۲ ..... ۹۴
جدول۴-۱۰. میزان تولید مس در جهان ۹۶
جدول۴-۱۱. میزان مصرف انرژی برای تولید مس در شیلی ۹۷
جدول۴-۱۲. میزان مصرف انرژی به ازای هر تن تولید مس از ابتدای زنجیره تا انتهای تولید مس کاتد ۱۰۲
جدول۴-۱۳. میزان ذخایر قطعی و احتمالی معادن عمده مس کشور ۱۰۷
جدول۴-۱۴. مقادیر وزنی و ارزش دلاری صادرات مس در قالب محصولات آن ۱۰۸
جدول۵-۱. مدیریت انرژی ۱۱۰
جدول۶-۱. میزان ذخیره پایه واقتصادی مس از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ در جهان ۱۳۴
جدول۶-۲. میزان ذخایر پایه و اقتصادی کشورهای دارای بیشترین میزان ذخایر جهان سال ۲۰۰۴ ..... ۱۳۵
جدول۶-۳. وضعیت ذخایر مس در دنیا ۱۳۶
جدول۶-۴. تولید مس تصفیه شده در مناطق مختلف دنیا ۱۴۴
جدول۶-۵. وضعیت تولید مس تصفیه شده در سه کشور عمده دنیا ۱۴۴
جدول۶-۶. وضعیت تولید مس تصفیه شده در سه کشور عمده تولید کننده در آسیا ۱۴۴
جدول۶-۷. میزان تولید فراورده های مس در واحدهای تولیدی زیرمجموعه شرکت ملی مس واحد:هزار تن ۱۴۵
جدول۶-۸. میزان تولید فراورده های مس در جهان در سال ۲۰۱۱ ..... ۱۴۶
جدول۶-۹. تولید مس پنج شرکت بزرگ معدنی بر حسب تن ۱۴۸
جدول۶-۱۰. ظرفیت معدن ۲۰ کشور برتر دنیا در سال ۲۰۱۲ منبع ICSG ۱۴۹

جدول۶-۱۱. ۲۰ کوره اول بر اساس ظرفیت در دنیا در سال ۲۰۱۲ منبع ICSG ۱۵۰
جدول۷-۱. لیست کوره‌های ذوب مس فلش اتوکمپو در دنیا تا سال ۲۰۰۸ [۳۲] ۱۵۴
جدول۷-۲. مقایسه داده‌های فنی چند کوره ذوب مات مس[۳۰] ۱۵۵
جدول۷-۳. کل انرژی موردنیاز تا تولید محصول مس کاتدی[۳۰] ۱۵۵
جدول۷-۴. اسامی کشورهای هر ناحیه مشخص شده در شکل۷-۲ [۳۴] ۱۵۶
جدول۷-۵. بیست کشور اول تولید کننده مس در سه بخش معدن، ذوب و پالایشگاه در سال ۲۰۰۶[۳۵] .. ۱۵۷
جدول۷-۶. کوره‌های ذوب مس در ژاپن[۳۶] ۱۶۵
جدول۷-۷. مقایسه وضعیت تولید مس در ژاپن و سایر کشورهای تولید کننده مس [۳۶] ۱۶۵
جدول۷-۸. تغییرات بالانس حرارتی کوره فلاش تویو از سال ۸۵ تا ۲۰۰۳[۳۶] ۱۶۶
جدول۷-۹. تولید کنندگان مس در آمریکا[۴۵] ۱۶۹
جدول۷-۱۰. میزان تولید جهانی CO_2 بر اثر تولید فلزات جهانی ۱۷۱
جدول۷-۱۱. میزان تولید مس در جهان ۱۷۲
جدول۷-۱۲. دهمین طرح پیشنهادی پنج ساله بهبود راندمان انرژی سازمان بهینه‌سازی مصرف انرژی چین در سال ۲۰۰۱ ..... ۱۷۳
جدول۷-۱۳. مصرف ویژه انرژی واحدهای فرآیندی تولید مس از کانی (معدن و پالایش مس) ارائه شده توسط IEA در سال ۲۰۰۷ ..... ۱۷۵
جدول۷-۱۴. معیار مصرف ویژه انرژی برای تولید مس با روشهای مختلف در صنایع مس آمریکا ۱۷۷
جدول۷-۱۵. مصرف ویژه انرژی فسیلی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۰ ..... ۱۷۹
جدول۷-۱۶. مصرف ویژه انرژی الکتریکی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۰ ..... ۱۸۰
جدول۷-۱۷. توزیع انرژی مصرفی به ازای مس تولیدی در بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی در سال ۲۰۰۲ ..... ۱۸۱
جدول۷-۱۸. مصرف ویژه انرژی فسیلی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی ۱۸۲
جدول۷-۱۹. مصرف ویژه انرژی الکتریکی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی ۱۸۲
جدول۷-۲۰. میزان مصرف انرژی در صنایع مختلف[۶۱] ۱۸۶
جدول۷-۲۱. مصرف ویژه انرژی معدن در دنیا ۱۹۰
جدول۷-۲۲. مصرف ویژه انرژی واحد تغلیظ در دنیا ۱۹۰

جدول۷-۲۳. مصرف ویژه انرژی واحد های ذوب در دنیا ۱۹۱

جدول۷-۲۴. مصرف ویژه انرژی واحد پالایش در دنیا ۱۹۱

جدول۷-۲۵. مصرف ویژه انرژی واحد لیچینگ در دنیا ۱۹۲

جدول۷-۲۶. مقایسه مصرف ویژه انرژی فرایندهای تولید مس از کانی تا مس پالایش شده برای فرایندهای نسبتاً مشابه در دنیا ۱۹۳

جدول۸-۱. مقایسه مصرف ویژه انرژی واحدهای فرایندی تولید مس کشور از کانی تا کنسانتره با معیارهای جهانی موجود ۱۹۵

جدول۸-۲. مقایسه مصرف ویژه انرژی واحدهای فرایندی تولید مس کشور از کنسانتره تا کاتد با معیارهای جهانی موجود ۱۹۶

جدول۸-۳. مقایسه مصرف ویژه انرژی فرایند تولید مس به روش پیرومتالورژی از کانی تا کاتد در ایران با صنایع مس دنیا ۱۹۸

جدول۸-۴. مقایسه مصرف ویژه انرژی فرایند تولید مس به روش هیدرومتالورژی در ایران با صنایع مس دنیا ۱۹۹

جدول۹-۱. سهم هزینه انرژی مصرفی در هزینه تمام شده مس تولیدی کشور ۲۰۲

کلاس A :الکتروموتورهای با بارگذاری بین ۷۰٪ تا ۱۰۰٪ ۲۱۰

کلاس B :الکتروموتورهای با بارگذاری بین ۵۰٪ تا ۷۰٪ ۲۱۰

کلاس C: الکتروموتورهای با بارگذاری کمتر از ۵۰٪ ۲۱۰

جدول۱۰-۱. موتورهای کلاس A مجتمع مس نمونه یک ۲۱۰

جدول۱۰-۲. الکتروموتورهای کلاس A نمونه دو ۲۱۲

جدول۱۰-۳. موتورهای کلاس A کارخانه ذوب نمونه هشت ۲۱۲

جدول۱۰-۴. موتورهای کلاس A نمونه چهار ۲۱۳

جدول۱۰-۵. موتورهای کلاس B مجتمع مس نمونه یک ۲۱۴

جدول۱۰-۶. الکتروموتورهای کلاس B نمونه دو ۲۱۶

جدول۱۰-۷. موتورهای کلاس B نمونه هشت ۲۱۷

جدول۱۰-۸. موتورهای کلاس B نمونه چهار ۲۱۷

جدول۱۰-۹. موتورهای کلاس C مجتمع مس نمونه یک ۲۱۹

جدول۱۰-۱۰. الکتروموتورهای کلاس C نمونه دو ۲۲۰

جدول۱۰-۱۱. موتورهای کلاسC نمونه هشت ۲۲۰

جدول۱۰-۱۲. موتورهای کلاسC نمونه چهار ۲۲۰
جدول۱۰-۱۳. عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی ۲۳۹
جدول۱۰-۱۴. لیست پیشنهادی برنامه زمانبندی بازبینی موتورها ۲۴۰
جدول۱۰-۱۵. صرفه‌جویی انرژی و هزینه استفاده از موتورهای راندمان بالا ۲۴۸
جدول۱۰-۱۶. تعیین ضریب K (KVAR/ KW) ۲۵۲
جدول۱۱-۱. فاکتورهای مهم طراحی عملیات حفاری و انفجار در مجتمع مس نمونه یک ۲۶۵
جدول۱۱-۲. مقایسه مشخصات لامپ های بخار جیوه ۲۵۰ وات و متال هالید۱۵۰ وات[۱۱۷] ۲۷۵
جدول۱۱-۳. مقایسه مشخصات لامپهای فلورسنت ۲۷۶
جدول۱۱-۴. دمای ماکزیمم و مینیمم اندازه‌گیری شده و متوسط دمای بدنه خارجی کوره خشک‌کن ۲۹۳
جدول۱۱-۵. نتایج محاسبه تلفات حرارتی سطوح خارجی بدنه کوره های مجتمع های ذوب مس کشور[۱۲۲] ۲۹۳
جدول۱۱-۶. تقسیم بندی راهکارها با توجه به زمان بازگشت سرمایه ۳۰۱
جدول۱۱-۷. میزان تاثیر اجرای برخی از راهکارهای بهینه سازی انرژی بر روی مصارف ویژه انرژی واحدهای ذوب کشور ۳۰۲
جدول۱۱-۸. میزان تاثیر اجرای برخی از راهکارهای بهینه سازی انرژی بر روی مصارف ویژه انرژی واحدهای معدن و تغلیظ کشور ۳۰۳
جدول۱۲-۱. ماتریس ارزیابی عوامل داخلی IFE ۳۰۶
جدول۱۲-۲. ماتریس ارزیابی عوامل خارجی EFE ۳۰۸
جدول۱۲-۳. جدول تعیین اهداف استراتژیک بر مبنای فرصتها، تهدیدها، قوتها و ضعفها با رویکرد انرژی ..۳۱۰
جدول۱۲-۴. اهداف استراتژیک تعیین شده برای صنعت مس کشور ۳۱۳
جدول۱۳-۱. مقایسه عملیات قبلی و فعلی در کنورتر پیرس -اسمیت جهت مراحل سرباره سازی ۳۳۵
جدول۱۳-۲. مقایسه روش GALVANOX با سایر روشهای انحلال کنسانتره کالکوپیریتی ۳۴۲
جدول۱۵-۱. ماتریس ارزیابی عوامل داخلی IFE ۳۶۰
جدول۱۵-۲. ماتریس ارزیابی عوامل خارجی EFE ۳۶۲
جدول۱۵-۳. تشریح اهداف خرد مربوط به پایین آوردن هزینه به ازای تولید در صنعت مس کشور ۳۶۴
جدول۱۵-۴. تشریح اهداف خرد مربوط به بالانس (تعادل) قابل قبول در مسائل اقتصادی، انرژی و زیست محیطی در صنعت مس کشور ۳۶۶

جدول۱۵-۵. تشریح اهداف خرد مربوط به مدیریت سرمایه‌گذاری در تکنولوییهای نوین از دیدگاه انرژی در صنعت مس کشور ۳۶۷

جدول۱۵-۶. تشریح اهداف خرد مربوط به دستیابی به منابع قابل‌اعتماد و بهبود راندمان انرژی در صنعت مس کشور ۳۶۸

جدول۱۵-۷. تشریح اهداف خرد مربوط به منابع انسانی کارآمد، آشنا و متعهد به بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور ۳۶۹

جدول۱۵-۸. تشریح اهداف خرد مربوط به تامین بازار و محصولات در صنعت مس کشور ۳۷۰

جدول۱۵-۹. مقایسه مصرف ویژه انرژی واحدهای فرایندی تولید مس کشور از کانی تا کنسانتره با معیارهای جهانی موجود ۳۷۰

جدول۱۵-۱۰. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه‌ی اول برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور ۳۷۱

جدول۱۵-۱۱. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه دوم برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور ۳۷۳

جدول۱۵-۱۲. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه سوم برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور ۳۷۴

جدول۱۵-۱۳. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه تامین بازار و محصولات در نقشه راه بهینه سازی انرژی صنعت مس کشور ۳۷۶

energyenergy.ir

چکیده

گزارش حاضر با عنوان نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور مربوط به پروژه " ارائه خدمات مشاوره جهت تدوین نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور" ، تهیه گردیده است. در ابتدای این گزارش به معرفی فرآیندهای مختلف استخراج و تولید مس و دسته بندی کارخانجات مس کشور از نظر تنوع تولید پرداخته شده و زنجیره ارزش صنعت مس و نقش انرژی در آن ارائه شده است. در ادامه جایگاه ایران در تولید مس در جهان و سهم ایران در ذخایر معدنی مربوطه در دنیا مشخص گردیده و از دیدگاه مصرف انرژی در این صنعت نیز آخرین شاخص‌های مصرف، دستاوردها و تکنولوژی‌های نوین تولید در کشورهای مختلف دنیا ارائه گردیده است. با انجام مطالعات محک زنی، مقایسه‌ای بین شاخصهای مصرف انرژی صنعت مس کشور با شاخصهای جهانی صورت گرفته است. پس از شناسایی تهدیدها و فرصتهای پیش روی صنعت مس کشور با محوریت انرژی به بررسی راهکارهای بهینه سازی انرژی در این صنعت در راستای تبدیل تهدیدها به فرصتها پرداخته شد و راهکارها در دو نوع دسته‌بندی از نظر هزینه و زمان اجرا دسته‌بندی و ارائه گردید و در نهایت نقشه راه بهینه سازی انرژی صنعت مس کشور جهت رسیدن به اهداف خرد و کلان با ارائه اولویت اجرای راهکارهای بهینه سازی انرژی تدوین گردید.

energyenergy.ir

مقدمه

بر اساس تعاریف جهانی، نقشه راه، یک ابزار ارتباطی است که نیازهای رقابت آمیز طولانی مدت تعیین شده توسط یک صنعت خاص را توضیح می دهد. مسلما دستیابی به راه حل برای تأمین این نیازها جهت بهبود آینده صنایع و در عین حال تأمین اهداف بهینه سازی مصرف انرژی، ضروری است.

از آنجا که تدوین نقشه راه برای یک صنعت خاص، مستلزم بررسی جامع و کامل صنعت مورد نظر است، در پروژه نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی صنعت مس کشور با توجه به نقشه راه تدوین شده توسط سایر کشورها و به اقتضای شرایط صنعت مس ایران و بر اساس برنامه‌ها و اهداف تعیین شده برای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برای این صنعت در کشور، تهیه خواهد شد.

تدوین نقشه راه برای صنعت مس کشور معمولاً بر پایه شناسایی وضعیت فعلی، آگاهی از افق سالهای آینده و در نهایت تأمین نیازهایی است که بخشهای مختلف این صنعت جهت رسیدن به افقهای پیش بینی شده با آن مواجه هستند.

در این راستا در پروژه حاضر در خصوص بررسی نحوه بکارگیری راهکارهای کاهش مصرف انرژی در صنعت مس کشور و رسیدن به شاخصای جهانی و ارائه تکنولوژیهای جدید برای کارخانجات جدیدالاحداث در کشور مورد توجه قرار می گیرد. نقشه راه با توجه به نیازهای صنعتی، نیازهای مرتبط با تکنولوژی مواد، نیازهای زیست محیطی، قانونی و تکنولوژیکی و نیازهای مربوط با هریک از حوزه های منابع انرژی قابل اعتماد، بازار و محصولات و منابع انسانی تعیین می گردد و بنا به میزان اهمیت و اولویت اجرا، ارائه می گردد.

energyenergy.ir

فصل اول:
جمع آوری آمار و اطلاعات تکنولوژیها و
انواع فرایندهای خطوط تولید در صنعت مس

حدود $۱۰^{-۳}$*۵درصد از پوسته زمین را مس تشکیل می‌دهد. که در نتیجه قشر زمین برای استخراج مس مناسب تر است. فرآیند استخراج مس عبارت است از تبدیل مینرالهای سنگ معدن مس به کنسانتره غنی از مس که شامل مراحل زیر است:

۱- شکستن و خرد کردن سنگ تا اندازه‌ای که دانه‌های مینرالی مس از دانه‌های مینرالی غیرمس جدا گردد.

۲- جداسازی فیزیکی مینرالهای مس از مینرالهای غیر مس با انجام فلوتاسیون و تولید کنسانتره غنی از مس و باطله.

مس به سه صورت در طبیعت یافت می شود

۱) سنگهای اکسیدی

۲) سنگهای سولفیدی

۳) مس طبیعی

مس بیشتر به صورت مینرالهای سولفیدهای مس – آهن و سولفید مس در زمین موجود است. این مینرالها عبارتند از کالکوپیریت ($CuFeS_2$)، برونیت (Cu_5FeS_4) و کالکوسیت (Cu_2S). غلظت این مینرالها در سنگ معدن پایین است. عیار سنگ معدن مس بین ۰/۵ تا ۱ درصد مس (در معادن روباز) تا ۲٪ مس (در معادن زیرزمینی) است. فلز مس خالص با انجام فرآیندهای تغلیظ، ذوب و پالایش این سنگ‌ها تولید می‌شود[۱].

مس همچنین به صورت مینرالهای اکسیدی (کربنات‌ها، اکسیدها، هیدروکسی‌سیلیکات‌ها و سولفات‌ها) اما در حجم کمتر، وجود دارد. این سنگ‌ها معمولاً با روش هیدرومتالورژی استخراج می‌شوند. از روش هیدرومتالورژی برای استخراج مس از کالکوسیت (Cu_2S) نیز استفاده می‌شود.

به طور کلی مس از دو روش مهم استخراج می‌شود که شامل روش پیرومتالورژی (خشک) و روش هیدرومتالورژی (تر) می‌باشد. در حدود ۹۰٪ مس تولید شده در دنیا از کانه‌های سولفیدی و از روش پیرومتالورژی حاصل می‌شود و روش هیدرومتالورژی برای استخراج مس از کانه‌های اکسیدی به‌خصوص کربناتها، سیلیکات‌ها و سولفات‌ها و همچنین دورریز کارخانه‌ها بکار می‌رود. برای تولید مس خالص نهایی از روش‌های

الکتروشیمیایی استفاده می‌شود که شامل تصفیه‌ی الکتریکی آند در حالت استخراج از روش پیرومتالورژی[1] و استخراج الکترولیتی از محلول[2] در روش هیدرومتالورژی می‌باشد [۲][۳].

۱-۱. تاریخچه صنعت مس در جهان

شواهد باستان شناسی نشان می دهد که مس یکی از نخستین فلزاتی است که توسط انسان مورد استفاده قرار گرفته است و حداقل ۱۰ هزار سال قبل برای ساخت اقلامی چون سکه و زیور آلات در غرب آسیا مورد استفاده قرار می گرفت .در دوران ماقبل تاریخ بشر متوجه شد که چگونه مس را استخراج کند و برای ساخت ابزار آلات از آن بهره بگیرد .در هزاره سوم و چهارم قبل از میلاد نیز کارگران از منطقه هولوا (Huelva)در اسپانیا مس استخراج می کردند .یونانیان در دوران ارسطو با چگونگی ساخت آلیاژ برنج به عنوان یکی از آلیاژهای ارزشمند مس آشنا شدند .در آمریکای جنوبی، تمدن های مایا، اینکاها و آزتک از مس بهره می بردند .و در دوران قرون وسطی، مصنوعات مسی و برنزی در چین، هند و ژاپن رونق یافتند.

کشف و اختراع مربوط به برق و خاصیت آهنربایی در اواخر قرن هجدهم و اوایل قرن نوزدهم به وسیله دانشمندانی مانند آمپر، فارادی و اهم صورت گرفت و محصولات تولید شده از مس به ایجاد انقلاب صنعتی کمک شایانی نمود .در حال حاضر مس همچنان به رفع نیازهای جامعه کمک می کند .هرچند که مس حداقل ۱۰هزار سال است که مورد استفاده قرار می گیرد، اما موارد استفاده مبتکرانه از آن همچنان در حال توسعه می باشد.

اشیاء مسی و آلیاژهای بدست امده از نقاط مختلف ایران و همچنین آثار کوره های قدیمی و ابتدائی ذوب مس حاکی از آشنایی ایرانیان قدیم به صنعت استخراج و ذوب می باشد .قدیمی ترین اشیاء کشف شده مسی در ایران به هزاره پنجم قبل از میلاد مسیح باز می گردد، تپه زاغه، تپه سیلک و تل ابلیس از قدیمی ترین مناطقی هستند که ایرانیان برای نخستین بار در این محل ها از فلز مس استفاده کردند.

اکتشافات باستان شناسی نشان می دهد که در ایران از هزاره پنجم پیش از میلاد، استفاده از معادن رونق نسبی داشته است .اشیای مفزعی، زری و سیمی بدست آمده از هزاره های بعد، گویای پیشرفت بهره برداری از معادن و صنعت ذوب فلزات در ایران است .بعد از ظهور اسلام، خصوصاً در دوران سلجوقیان(قرن ششم هجری)و صفویان(قرن یازدهم هجری)، بهره برداری از معادن و صنعت ذوب فزات در ایران بسیار شکوفا بوده است[۴].

۱-۱-۱. تاریخچه صنعت مس در ایران(ملی مس)

در سال‌های ۱۲۷۶ تا ۱۲۸۵ هجری شمسی یک کارشناس آلمانی به نام A.F.Stahl در جریان احداث خط تلگراف منطقه سیرجان به شهر چهار از نمونه یک می‌گذرد. او در یادداشت‌های خود اشاراتی به وجود معدن مس نمونه یک می‌کند. بعدها در سال‌های ۱۳۱۹ تا ۱۳۲۱ George Ladam نیز وجود معدن مس نمونه یک را در

1 - Electro Refining
2 - Electro Winning

گزارش‌های خود تأیید می‌کند. در سال ۱۳۲۸، معدن مس نمونه یک بعنوان موراسبان ثبت می‌شود.

در سال ۱۳۴۶، برادران رضایی با مشارکت شرکت انگلیسی سلکشن تراست، شرکت سهامی صنایع مس شهر یک (K.C.I) را تأسیس می‌کند. در آذر ۱۳۵۰ شورای اقتصاد وقت، معدن مس نمونه یک را ملی اعلام کرده و دولت، سهام رضایی‌ها و سلکشن تراست را خریداری می‌نماید.

در اسفندماه ۱۳۵۰ قانون تشکیل شرکت سهامی معادن مس نمونه یک تصویب می‌گردد و سپس موافقتنامه اصولی در اسفند ۱۳۵۰ و قرارداد در تیر ۱۳۵۱، فیمابین شرکت سهامی معادن مس نمونه یک و آناکاندا منعقد می‌گردد. موافقتنامه نهایی در مهرماه ۱۳۵۱، اولین قدم در راه ورود آمریکا به عرصه مس ایران است. در ۱۳ تیر ۱۳۵۲ پارسونز جوردن بعنوان پیمانکار ساخت کارخانجات مجتمع مس نمونه یک شروع به فعالیت می‌کند.

در تیرماه ۱۳۵۵ قانون تأسیس شرکت ملی صنایع مس ایران تصویب شود و شرکت سهامی معادن مس نمونه یک به شرکت ملی صنایع مس ایران تغییر نام داد. در قانون تأسیس این شرکت کلیه فعالیت‌های معادن مس کشور اعم از اکتشافات، بهره‌برداری، تولید محصولات پرعیار سنگ مس، ذوب، پالایش و صنایع جنبی و تولید محصولات فرعی مس و همچنین توزیع، فروش داخلی و صادرات مس از اهم وظایف قانونی شرکت ملی صنایع مس ایران می‌باشد .عملیات اجرایی ساخت و نصب تجهیزات در نمونه یک در سال ۱۳۵۲ شروع و تا پاییز ۱۳۵۷ بیش از ۹۵٪ از عملیات اجرایی نصب دستگاه‌ها به اتمام رسید. مابقی اقدامات و راه اندازی مجموعه پس از پیروزی انقلاب انجام گردید. که تاریخ راه اندازی واحدهای مختلف بشرح جدول۱-۱می باشد [۴] .

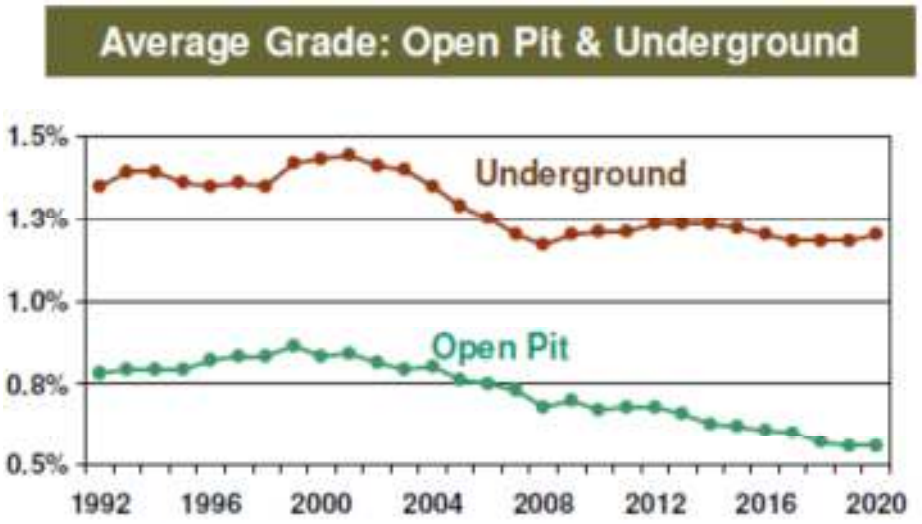
جدول۱-۱. تاریخ راه اندازی واحدهای مختلف شرکت ملی صنایع مس ایران

شروع عملیات استخراج (باطله برداری)	خردادماه ۱۳۵۳	ریخته گری ها	اردیبهشت ماه ۱۳۶۵
اولین بهره برداری سولفوری دمپ شده در نزدیک سنگ شکن اولیه	مردادماه ۱۳۵۴	لیچینگ	تیرماه ۱۳۷۶
حمل خاک سولفوری به سنگ شکن اولیه	دی ماه ۱۳۶۰	اکسیژن	مردادماه ۱۳۷۹
تغلیظ	دی ماه ۱۳۶۰	تغلیظ شماره دو نمونه یک	خرداد ماه ۱۳۸۳
آهک	آبان ماه ۱۳۶۰	ذوب نمونه هشت	دی ماه ۱۳۸۳
ذوب نمونه یک	خرداد ماه ۱۳۶۱	مجتمع مس نمونه دو	دی ماه ۱۳۸۳
مولیبدن	خرداد ماه ۱۳۶۲	مجتمع مس نمونه چهار	شهریور ماه ۱۳۸۵
پالایشگاه	بهمن ماه ۱۳۶۲	اسید سولفوریک نمونه یک	اسفند ماه ۱۳۸۸

۱-۲. استخراج مس از کانه‌های سولفیدی (پیرومتالورژی)

معادن مس در دنیا به دو صورت رو باز و زیر زمینی وجود دارند. البته امروزه بیشترین درصد مس دنیا از معادن رو باز استخراج می‌شود، مشروط بر اینکه حداقل مس موجود در سنگ معدن حدود ۰/۴ درصد باشد.

از معادن مس زیر زمینی نیز که حداقل ۰/۷ درصد مس داشته باشند، در صورت اقتصادی بودن استخراج به عمل می‌آید. شکل۱-۱ تغییرات متوسط گرید مس در روشهای استخراج روباز و زیرزمینی از سال ۹۲ را نشان می‌دهد.



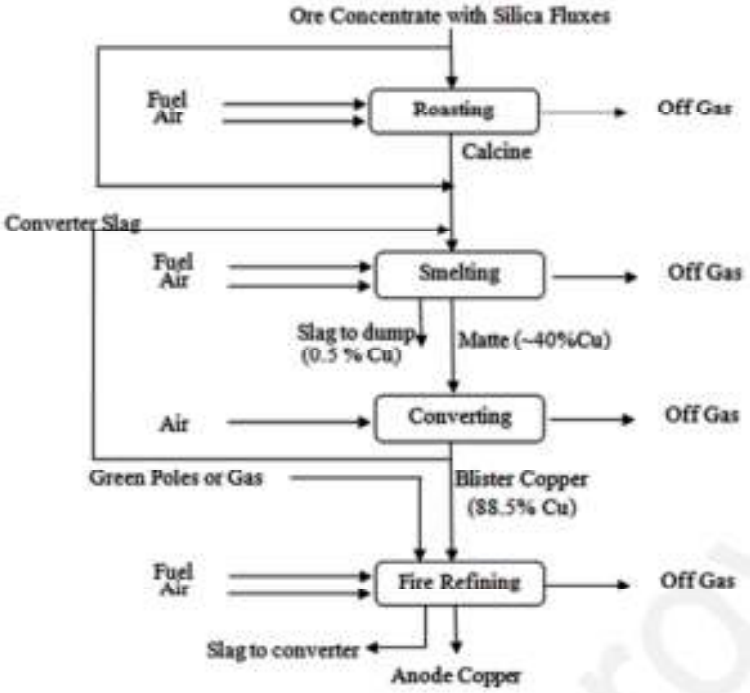
شکل۱-۱. تغییرات متوسط گرید مس در روشهای استخراج روباز و زیرزمینی [۵]

تقریباً ۹۰٪ کانه‌ی مس اولیه‌ی دنیا به صورت کانه‌های سولفیدی است. سولفیدها به سهولت تحت عملیات هیدرومتالورژیکی قرار نمی‌گیرند، زیرا به‌راحتی حل نمی‌شوند. بنابراین قسمت اعظم استخراج مس توسط روش‌های پیرومتالورژی با کانی پرعیار شده‌ی مس انجام می‌شود. عمل استخراج شامل مراحل زیر می‌باشد[۳]:

۱. خردایش
۲. پرعیار کردن به روش فلوتاسیون
۳. تشویه (در صورت استفاده از کوره شعله‌ای در مرحله ذوب)
۴. ذوب مات (در کوره‌های دمشی، شعله‌ای، الکتریکی یا تشعشی[1] و ...)
۵. مرحله تبدیل به مس حفره‌دار (بلیستر[2])

محصول نهایی این مراحل متوالی، مس ناخالص حفره‌دار است که باید قبل از ساخت و کاربرد، پالایش گرمایی (شعله‌ای) و الکترولیتی شود. شکل۱-۲ نیز مراحل مختلف تولید مس از استخراج تا تولید را نشان‌می‌دهد.

1 - Flash furnace
2- Blister



شکل۱-۲. مراحل مختلف تولید مس از استخراج تا تولید محصول نهایی [۶]

۱-۲-۱. خردایش

برای جداسازی و آزادسازی ذرات مینرالی از یکدیگر بایستی این ذرات تا قطر نزدیک ۱۰۰ میکرون خرد شوند. عملیات خردایش در سه مرحله انجام می‌شود:

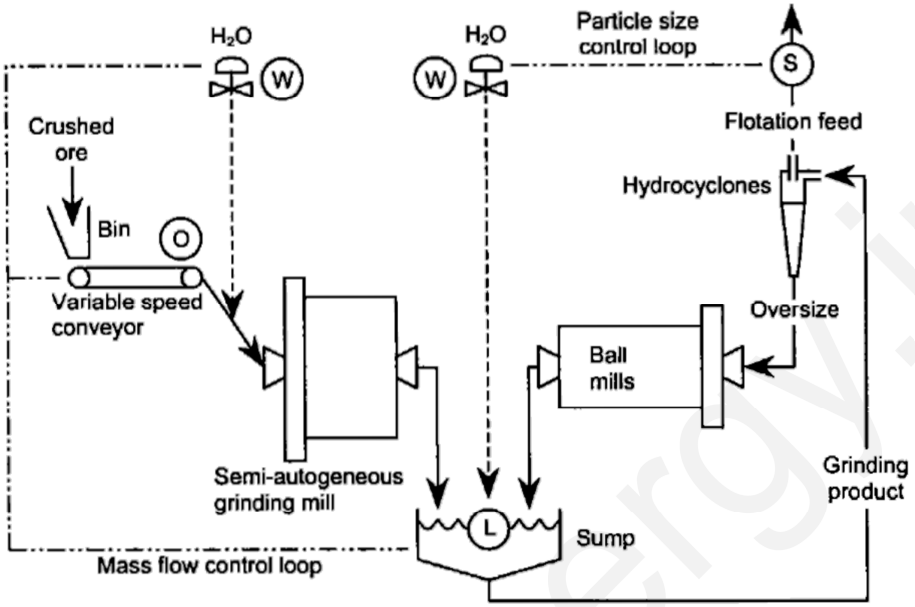
- شکستن سنگ با انفجار در معدن
- شکستن سنگ‌های بزرگ در سنگ‌شکن
- خردایش در آسیاب

خردایش توسط سنگ‌شکن عمدتاً در معدن انجام می‌گیرد. این امر حمل و نقل سنگ با نوار نقاله را امکان‌پذیر می‌سازد. در مرحله آسیاب کاری، اندازه ذرات به اندازه کافی کاهش داده می‌شود تا بازیابی مینرال مس در فرآیند فلوتاسیون امکانپذیر گردد. معمول‌ترین آسیابهای مورد استفاده آسیاب‌های خودشکن یا نیمه خودشکن و آسیابهای گلوله‌ای هستند. آسیابکاری معمولاً به صورت تر (۲۰٪ آب) انجام می‌گیرد.

یک چرخه آسیاب‌کاری معمولاً شامل یک آسیاب خودشکن یا نیمه خودشکن و یک یا دو آسیاب گلوله‌ای است. مرحله آسیاب‌کاری و فلوتاسیون به صورت پیوسته هستند. آسیاب خودشکن یا نیمه خودشکن خوراک آسیاب گلوله‌ای را تأمین می‌کند تا در اسیاب گلوله‌ای به اندازه نهایی موردنظر برسد. به منظور کنترل سایز محصول تولیدی آسیاب در یک سیکل بسته با هیدروسیکلون کار می‌کند. در واقع سیکلون ذرات با اندازه مناسب را به بخش فلوتاسیون و ذرات درشت‌تر را برای آسیاب مجدد می‌فرستد [۱].

به منظور بازیابی مس (در تغلیظ) با حداکثر راندمان و به حداقل رساندن مصرف انرژی در بخش

آسیاب‌کاری، سیکل تحت کنترل است. شکل۱-۳ یک سیکل آسیاب‌کاری و چگونگی کنترل انـدازه ذرات را نشـان می‌دهد[۱].



شکل۱-۳. یک سیکل آسیابکاری و چگونگی کنترل اندازه ذرات در آن [۱].

۱-۲-۲. پرعیار کردن به روش فلوتاسیون

کانه‌های مس که استخراج می‌شوند، کم‌عیارتر از آنند که مستقیماً ذوب شوند (عیار کمتر از ۱٪ مس اسـت). گرمایش و ذوب مقدار عظیمی مواد زائد، محتاج مقدار گزافی سوخت است. خوشبختانه، کانی‌های مس موجـود در سنگ معدن را می‌توان توسط روش‌های فیزیکی پرعیار و به نحو اقتصادی ذوب کرد [۱].

موثرترین روش پرعیار کردن، فلوتاسیون است، که در آن کانی‌های مس به شیوه‌ی انتخـابی بـه حبـاب‌هـای هوایی که از میان پالپ آبی حاصل از کانه‌ی نرم شده بالا می‌آیند، متصل می‌شوند. انتخابی بودن فلوتاسیون ناشـی از به‌کار بردن معرف‌هایی است که کانی‌های مس را آب‌ران می‌سازند، در حالی که کانی‌هـای باطلـه آب‌گیـر بـاقی می‌مانند. کانی‌های شناور شده در کف پایداری در بالای محفظه فلوتاسیون جمع‌آوری می‌شوند و به صـورت کانـه پرعیار شده درمی‌آیند[۱].

مراحل شناوری کانی‌های سولفیدی مس عبارت است از:

۱. مینرالهای سولفیدی معمولاً توسط آب خیس می‌شوند اما می‌توان آنهـا را بـا اسـتفاده از کلکتورهـا آب‌گریز کرد.
۲. این آبگریزی این امکان را به مینرالهای مس می‌دهد که دیگر مینرالهای تـر شـده را رهـا کننـد (از آنها جدا شوند).

۳. برخورد بین حبابهای هوای کوچکی که به سمت بالا حرکت می‌کنند با مینرالهای مسی که آبگریز شده‌اند منجر به اتصال این ذرات به حبابهای هوا می‌شود.
۴. دیگر مینرالها که توسط آب تر شده‌اند به این حبابها نمی‌چسبند.

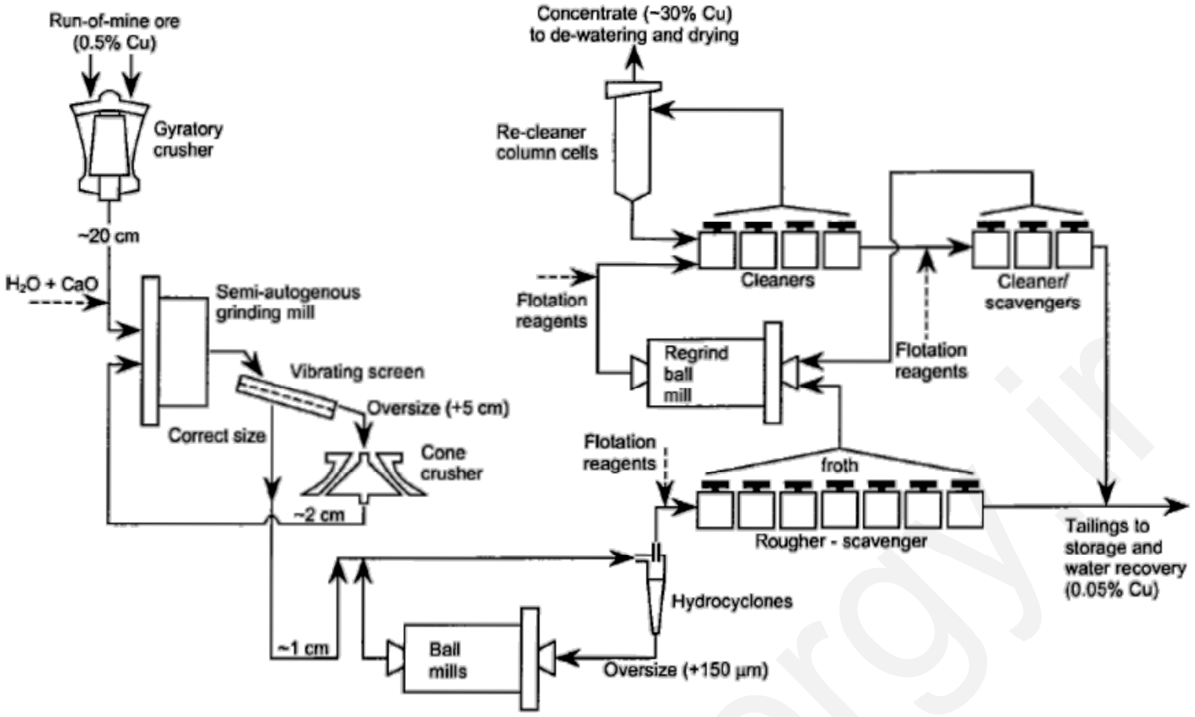
بدین ترتیب ذرات مینرال مس به حبابهای هوا می‌چسبند و این حبابها پس از شناور شدن روی سطح سلول فلوتاسیون ذرات مینرال را با خود حمل می‌کنند. این ذرات از سلول سرریز کرده و به تانک جمع‌آوری می‌ریزد. دیگر مینرالها در کف سلول باقی می‌مانند. این ذرات عمدتاً مینرالهای غیر سولفیدی با مقادیر کمی سولفید آهن هستند. سلولهای فلوتاسیون به صورت چندین سلول متوالی هستند تا بازیابی مس را بهینه کرده و درصد مس را در کنسانتره به حد بهینه برسانند [۱].

فلوتاسیون انتخابی مینرالهای سولفیدی مس (کالکوپیریت، کالکوسیت و برونیت) از مینرالهای آهن با استفاده از کلکتورهای زانتات و دی‌تیوفسفات انجام می‌شود. از آهک برای تنظیم pH استفاده می‌شود[۱]. کانی پرعیار شده‌مس معمولا حاوی۳۰- ۲۰٪ مس است. خردکردن و نرم‌کردن کانه به ذرات ریز، پیش از عمل فلوتاسیون الزامی است.

شکل۱-۴ یک فلوشیت معمول تغلیظ مس را نشان می‌دهد. همانطور که در فلوشیت مشخص است ۴ گروه سلول فلوتاسیون داریم:

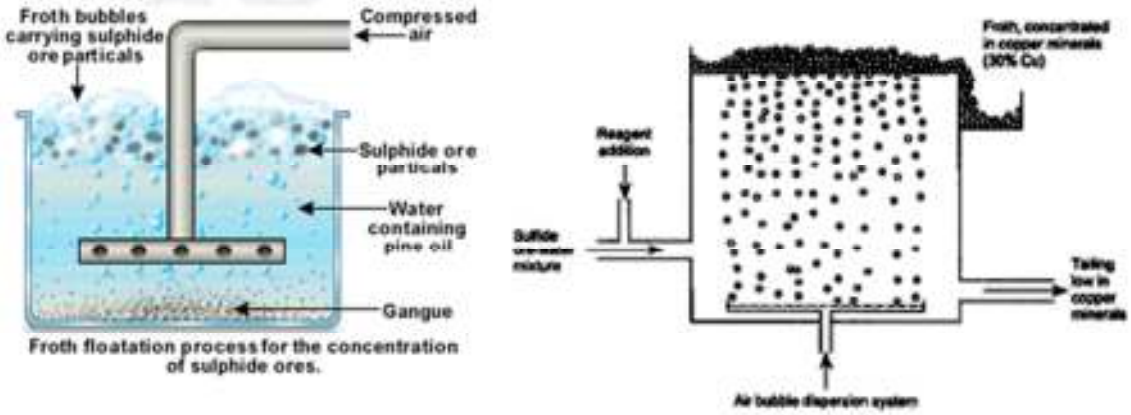
۱. سلولهای رافر- اسکاونجر که در آن پالپ ورودی از بخش آسیابکاری شناور می‌شود. در این بخش بازیابی مس با یک گرید معقول (Cu٪ ۲۰-۱۵) انجام می‌شود.
۲. کلینرها: در این سلولها مینرالهای غیرمس توسط CaO جدا شده و کنسانتره با گرید بالاتر تولید می‌شود.
۳. ری کلینرها: در این سلولها با حذف بیشتر مینرالهای آهن، گرید کنسانتره به حداکثر می‌رسد.
۴. کلینر- اسکاونجرها: در این سلولها با اضافه کردن بیشتر کلکتور مقدار کم مس باقیمانده در باطله‌های کلینر از آن جدا می‌شود.

سرریز اسکاونجرهای رافر و اسکاونجرهای کلینر قبل از ارسال به کلینر مجدداً آسیابکاری می‌شوند. اسکاونجرهای رافر و کلینر برای حداکثر کردن بازیابی مس در کنسانتره هستند. سلولهای کلینر و ری کلینر به منظور حداکثر کردن گرید کنسانتره هستند [۱].



شکل۱-۴. یک فلوشیت معمول از فرآیند تغلیظ مس [۱]

در فرآیند فلوتاسیون دو نوع سلول داریم. در سلولهای مکانیکی هوا بوسیله یک همزن چرخان وارد پالپ می‌شود و چرخش همزن علاوه بر ایجاد حبابهای ریز، آنها را در سلول پخش می‌کند [۱]. در سلولهای ستونی دمش هوا از کف صورت می‌گیرد و همزدن پالپ با همان حرکت ذرات حباب هوا انجام می‌شود. بیشتر واحدهای فلوتاسیون مس از سلولهای ستونی به عنوان ری کلینر استفاده می‌کنند. سلولهای ستونی یک ناحیه عمودی با ارتفاع زیاد برای تماس ذرات با حبابها فراهم می‌کند [۱]. در شکل۱-۵ شمایی از دو نوع سلول فلوتاسیون نشان داده شده است [۱].



شکل۱-۵. شمایی از دو نوع سلول فلوتاسیون[۱]

محصول سلولهای فلوتاسیون حاوی ۷۵٪ جرمی آب است که بایستی قبل از حمل و یا ذوب کنسانتره، حذف شود. حذف آب از کنسانتره در تیکنرها انجام می‌شود. در تیکنر ذرات جامد بر اثر نیروی وزن خود ته‌نشین می‌شوند. برای ته‌نشینی سریعتر ذرات جامد از فلوکولانت استفاده می‌شود. مواد ته‌نشین شده در تیکنرها هنوز ۳۰ تا ۴۰ درصد آب دارد. این میزان در فیلترها به ۱۰ تا ۱۵٪ می‌رسد و در فیلتر پرس این مقدار به ۸٪ می‌رسد [۱].

بسیاری از سنگهای معدنی مس حاوی مولیبدن نیز هستند که می‌تواند با فلوتاسیون انتخابی از مینرالهای مس جدا شود. مولیبدنیت (MoS_2) خیلی آسانتر از مینرالهای مس شناور می‌شود و همراه با مس در کنسانتره مس بازیابی می‌شود. برای شناورسازی مولیبدنیت در کنسانتره مس از کلکتورهای نفتی غیرقطبی و برای ته‌نشین کردن مس از هیدروسولفید سدیم استفاده می‌شود. در این حالت از نیتروژن برای تولید حباب استفاده می‌شود تا از اکسید شدن هیدروسولفید جلوگیری شود [۱].

۱-۲-۳. تشویه

عمل تشویه شامل اکسایش جزئی سولفیدهای پرعیار حاصل از فلوتاسیون و حذف جزئی گوگرد از آن‌ها به شکل SO_2 است. این کار توسط واکنش کانی پرعیار شده با هوا در دماهایی بین ۷۰۰-۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، در کوره‌های تشویه اجاقی یا تشویه‌کننده‌ی بستر سیال در شرایط کاملاً کنترل شده، انجام می‌گیرد. محصول کوره‌ی تشویه کلسین نامیده می‌شود که مخلوطی از اکسیدها، سولفات‌ها و سولفیدهاست و ترکیب شیمیایی آن توسط کنترل دمای فرآیند تشویه و نسبت هوا به کانی پرعیار شده، تغییر می‌کند. فرآیند تشویه معمولاً خودسوز است. از عمل تشویه اصولاً در کوره‌های ذوب شعله‌ای استفاده می‌شود که هدف اصلی از آن خشک‌کردن و گرمایش بار کوره‌ی شعله‌ای، با استفاده از حرارت واکنش‌های گرمازای تشویه است[۳].

۱-۲-۴. ذوب مات

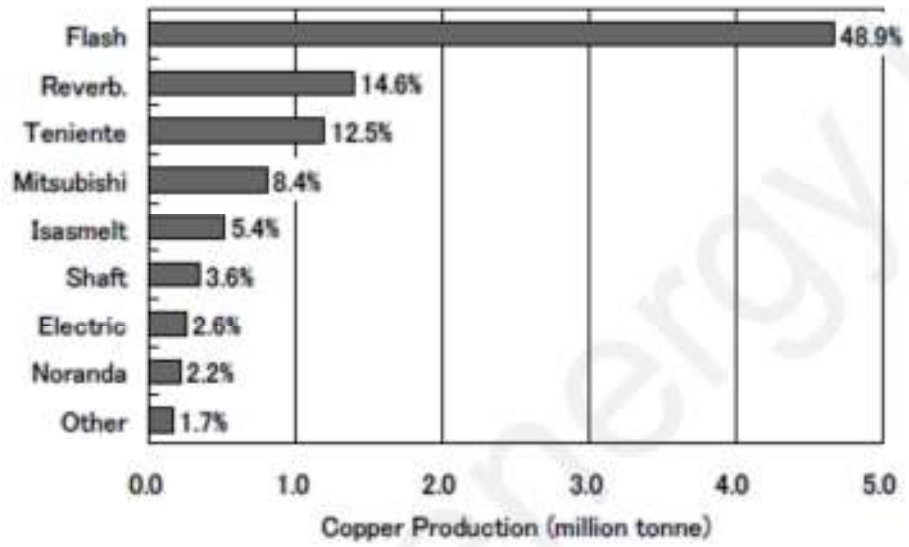
هدف از ذوب مات تهیه‌ی فاز سولفیدی مذاب، شامل تمامی مس موجود در شارژ و فاز سرباره‌ی مذاب بدون مس است. مات متعاقباً برای تشکیل مس حفره‌دار (بلیستر) ناخالص اکسید می‌شود و سرباره‌ی مرحله‌ی ذوب مستقیماً یا بعد از مرحله‌ی بازیابی مس دور ریخته می‌شود [۳].

در مرحله ذوب مات تمامی بار کوره همراه با روان‌ساز سیلیسی در دمایی حدود ۱۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد ذوب می‌گردد. سیلیس، آلومین، اکسیدهای آهن، آهک و سایر اکسیدهای جزئی، سرباره‌ی مذاب را تشکیل داده و مس، گوگرد، آهن اکسید نشده و فلزات قیمتی، مات را تشکیل می‌دهند. سرباره سبک‌تر از مات و در آن تقریباً غیر قابل حل است و به سهولت از آن جدا می‌شود[۳]. مات مس تولیدی در کوره ۳۵ تا ۶۵ درصد مس دارد. درصد مس موجود در مات، گرید مات را تعیین می‌کند.

گرمای مورد نیاز برای مرحله ذوب مات از اکسیداسیون جزئی شارژ سولفیدی و نیز از طریق مشعل‌هایی که

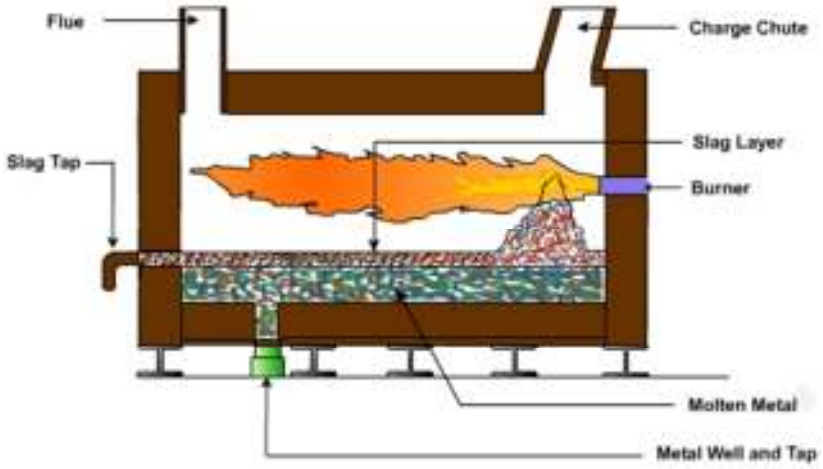
سوخت مصرف می‌کنند تامین می‌گردد[۶].

انواع کوره‌های مورد استفاده در ذوب مات عبارتند از: کوره دمشی، کوره ریورب (انعکاسی)، کوره الکتریکی، کوره تشعشعی و روشهای تک مرحله‌ای و چند مرحله‌ای نظیر نوراندا و میتسوبیشی. در شکل۱-۶ سهم روشهای مختلف ذوب مات در تولید مس نشان داده شده است [۷]. در ادامه به اختصار توضیحاتی در مورد هر یک از این روش‌ها آورده شده است.



شکل۱-۶. سهم روشهای مختلف ذوب مات در تولید مس [۸]

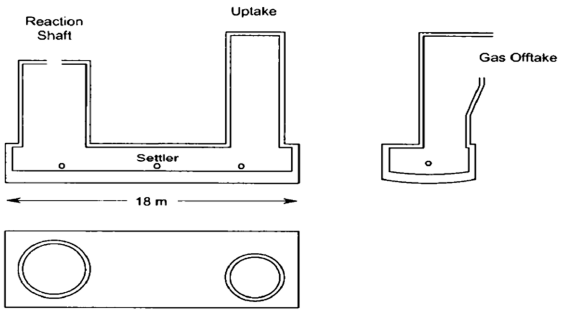
کوره‌های ریورب: فرآیند ذوب در کوره‌های ریورب (انعکاسی) فرآیندی پیوسته است که مواد به صورت متناوب شارژ شده و تخلیه ذوب و سرباره نیز به صورت دوره‌ای انجام می‌گیرد. گرمای مورد نیاز در این کوره‌ها از طریق مشعل‌های گازی یا مازوتی تامین می‌گردد. دمای کوره ممکن است تا ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد. انتقال حرارت در این کوره‌ها از طریق انعکاس حرارت از مشعل، دیواره‌ها و سقف کوره به شارژ موجود در کوره انجام می‌گیرد. شکل۱-۷ شمایی از یک کوره ریورب را نشان می‌دهد. مصرف انرژی در این کوره‌ها بسیار بالاست [۶].



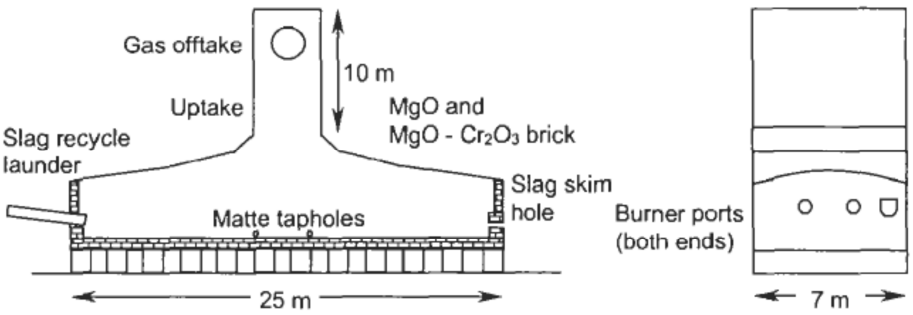
شکل۱-۷. شمایی از یک کوره ریورب

کوره‌های الکتریکی: فرآیند ذوب در کوره‌های الکتریکی مشابه روش انعکاسی است با این تفاوت که تامین گرمای مورد نیاز از طریق عبور جریان با آمپر بالا بین الکترودهای کربنی که در سرباره فروبرده شده‌اند انجام می‌گیرد[۳]و[۶]. در کوره‌های الکتریکی راندمان استفاده از انرژی الکتریکی بالاست زیرا میزان اتلاف گرما از طریق گازهای خروجی کم است. در این کوره استفاده کمی از واکنش‌های اکسیداسیون کانی سولفیدی می‌شود و هزینه انرژی بالا به علت بالا بودن قیمت انرژی الکتریکی است [۸].

کوره‌های تشعشعی: در کوره‌های تشعشعی ترکیبی از فرآیند تشویه و ذوب مات انجام می‌شود. در این کوره‌ها کنسانتره خشک و فلاکس همراه با اکسیژن و هوای پیشگرم شده به کوره تزریق می‌شود. در این کوره‌ها از انرژی حاصل از سوخت ترکیبات سولفیدی حداکثر استفاده می‌شود. مهمترین انواع کوره‌های فلش نوع اتوکمپو و اینکو هستند. شکل۱-۸ و شکل۱-۹ شمای کلی از این کوره‌ها را نشان می‌دهد. کوره‌های اتوکمپو اولین بار پس از جنگ جهانی دوم در کشور فنلاند طراحی و اولین کوره اتوکمپو در سال ۱۹۴۹ در همان کشور راه‌اندازی شد. علت روی آوردن به این نوع کوره‌ها و احساس نیاز به این نوع طراحی، کمبود شدید انرژی پس از جنگ دوم جهانی در کشور فنلاند بود [۹].



شکل۱-۸. شمایی از یک کوره فلش اتوکمپو [۱]



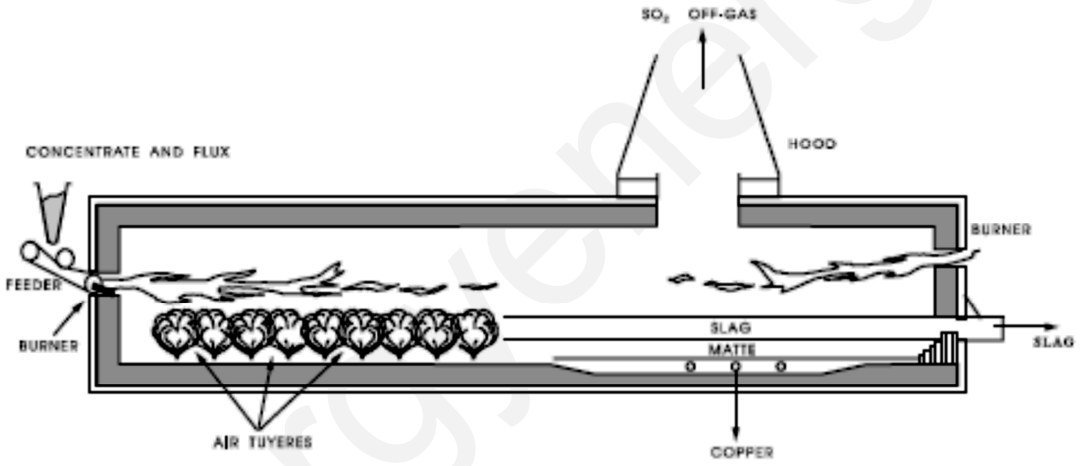
شکل۱-۹. طرح کلی اینکو ، کارخانه Hurley در نیومکزیکو [۱]

از مهمترین مزایای فرآیندهای کوره‌ی تشعشعی می‌توان به نیاز اندک به سوخت هیدروکربنی و سهولت حذف SO_2 از گازهای خروجی این کوره‌ها اشاره کرد. تنها عیب این کوره‌ها، اتلاف نسبتاً بالای مس در سرباره و گرد و غبار خروجی از دودکش است اما مقدار زیادی از این مس قابل بازیابی است [۳]. در حال حاضر بیش از ۵۰ درصد از تولید مات مس در دنیا از طریق کوره‌های تشعشعی انجام می‌گیرد. در جدول۱-۲ لیست کوره‌های اتوکمپو راه‌اندازی شده در دنیا تا سال ۲۰۰۰ آورده شده است [۹].

جدول۱-۲. لیست کوره‌های اتوکمپو راه‌اندازی شده در دنیا تا سال ۲۰۰۰

Start-up Copper Smelting
1949 Outokumpu Oy, Harjavalta, Finland
1956 Furukawa Co. Ltd., Ashio, Japan
1966 Combinatul Chimico Metalurgic, Baia Mare, Romania
1967 The Dowa Mining Co. Ltd., Kosaka, Japan
1970 Nippon Mining Co. Ltd., Saganoseki, Japan
1971 Sumitomo Metal Mining Co. Ltd., Toyo, Japan
1971 Hindustan Copper Ltd., Ghatsila, India
1972 Peko Wallsend Metals Ltd., Mount Morgan, Australia
1972 Hibi Kyodo Smelting Co. Ltd., Tamano, Japan
1972 Norddeutsche Affinerie AG, Hamburg, Germany
1972 Nippon Mining Co. Ltd., Hitachi, Japan
1973 Karadeniz Bakir Isletmeleri AS, Samsun, Turkey
1973 Peko Wallsend Metals Ltd., Tennant Creek, Australia
1973 Nippon Mining Co. Ltd., Saganoseki, Japan
1974 Hindustan Copper Ltd., Khetri, India
1975 Rio Tinto Minera SA, Huelva, Spain
1976 Phelps Dodge Corporation, Playas, USA
Gécamines, Luilu, Zaire
1978 Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi, Glogow, Poland
1979 Korea Mining and Smelting Co. Ltd., Onsan, Korea
1981 Norilsk Mining and Metallurgical Comb., Norilsk, Russia
1982 Caraíba Metals SA, Camacari, Brazil
1983 Philippine Associated Smelting and Refining Co., Isabel, The Philippines
1985 Jiangxi Copper Corporation, Guixi, China
1986 Mexicana de Cobre SA, El Tajo, Mexico
1987 MDK G Damianov, Srednogorie, Bulgaria
1988 Codelco, Chuquicamata, Chile
1988 Magma Copper Co., San Manuel, USA
1988 Roxby Management Services Pty Ltd., Olympic Dam, Australia
1995 Compania Minera Disputada de las Condes SA, Chagres, Chile
1995 Kennecott Utah Copper Corporation, Utah, USA
1997 Jinlong Copper Co. Ltd., Tongling, China
1998 Indo-Gulf Fertilizers & Chemical Ltd., Gujarat, India
1999 WMC Resources Ltd., Olympic Dam, Australia
2000 Boliden Mineral AB, Rönnskär, Sweden
Southern Peru Copper Corporation, Ilo, Peru
National Iranian Copper Industries Co., Khatoon Abad, Iran

فرآیند صنعتی نورندا: این فرآیند معمولاً برای تولید مات مس با عیار بسیار بالا ۷۵-۷۰٪ به‌کار می‌رود و برای تولید مس حفره‌دار کاربردی ندارد. رآکتورهای نورندا در تولید مات با عیار بسیار بالا کاملاً موفق بوده‌اند و هرکدام از آن‌ها در صورتی که از هوای حاوی اکسیژن ۳۳-۲۴٪ استفاده کنند، روزانه ۱۱۰۰ تا ۱۹۰۰ تن کانی پرعیار شده‌ی خام را می‌توانند به مات مس تبدیل کنند. این رآکتورها بخش عمده‌ی نیاز گرمایی خود را از پودر زغال که همراه کانی پرعیارشده بارگیری می‌شود تامین می‌کنند که در مواردی که زغال فراوان و قیمت آن نسبت به قیمت سوخت‌های هیدروکربنی ارزان باشد، این نیز مزیت به شمار می‌رود [۳]. خروجی این کوره مات مس با عیار بالا (تا ۷۵٪ مس)، گاز خروجی حاوی ۱۵ تا ۲۵ درصد حجمی دی اکسید گوگرد و سرباره با ۶٪ مس است. مات تولیدی برای تولید بلیستر به کنورتور و گاز خروجی به واحد اسید سولفوریک منتقل می‌شود. سرباره نیز مورد بازیابی قرار می‌گیرد تا مس موجود در آن بازیابی شود [۱]. شکل۱-۱۰ شمایی از یک کوره نوراندا را نشان می‌دهد.



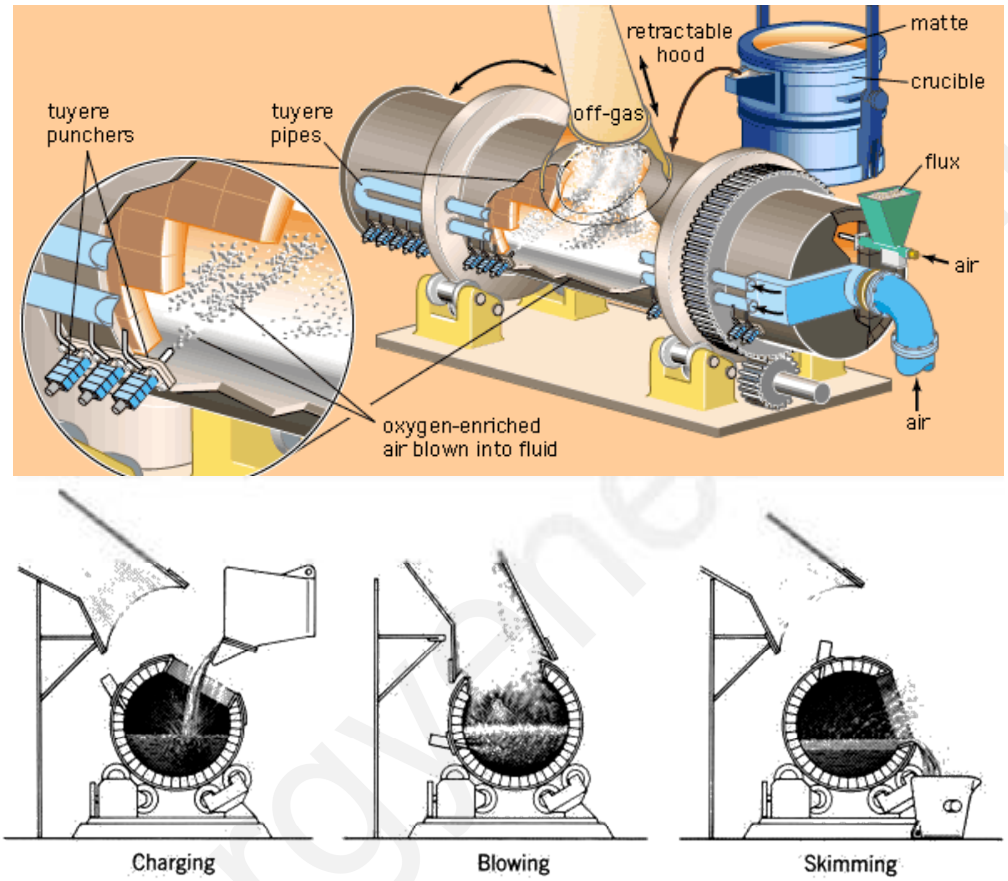
شکل۱-۱۰. شمایی از یک کوره نوراندا [۶]

۱-۲-۵. کنورتور

تبدیل مس شامل اکسیدکردن گوگرد و آهن باقی‌مانده در مات مس بدست آمده از مرحله‌ی ذوب مات (توسط هوا) است. عمل تبدیل، آهن و گوگرد را از مات جدا کرده و مس حفره‌دار خام ۹۹٪ تولید می‌کند. این فرآیند عموماً در یک کنورتور افقی استوانه‌ای پیریس-اسمیت که با آجرهای دیرگداز آستر شده، انجام می‌گیرد. گاهی اوقات کنورتور دارای یک سیستم پیشرفته جمع‌آوری گاز است[۳].

مات مذاب از طریق یک دهانه‌ی مرکزی بزرگ به داخل کنورتور ریخته می‌شود و هوای اکسنده از طریق یک ردیف زنبورک که در طول کنورتور قرار دارند، دمیده می‌شود. مات با دمای حدود ۱۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد افزوده می‌شود و گرمای تولید شده در کنورتور که ناشی از اکسایش آهن و گوگرد است برای خودسوز کردن فرآیند کافی است.

محصول فرآیند تبدیل، مس حفره‌دار است که ۰/۰۲-۰/۰۱ درصد گوگرد دارد[۳]و[۶] تا زمانی که مقدار گوگرد به کمتر از ۰/۰۲٪ کاهش نیابد اکسید مس به نحو چشمگیری تشکیل نمی‌شود، بنابراین اکسایش مس مسئله‌ساز نیست[۳]. شکل۱-۱۱ شمای کلی کنورتور پیرس اسمیت و مراحل مختلف کار کنورتور را نشان می‌دهد.



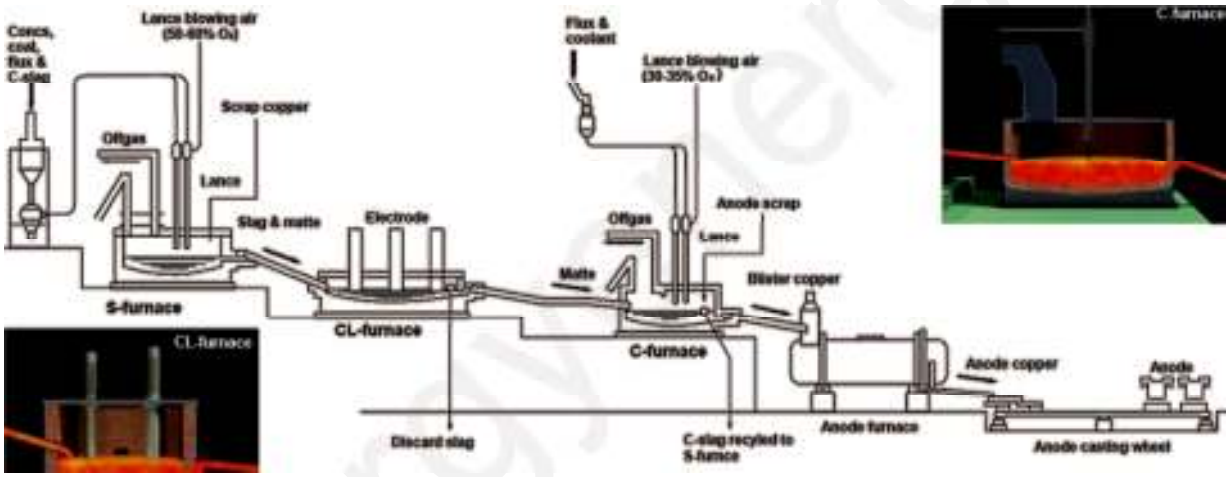
شکل۱-۱۱. شمای کلی کنورتور پیرس اسمیت و مراحل مختلف کار کنورتور

۱-۲-۶. تولید پیوسته و تک مرحله‌ای مس

با توجه به آن‌چه گفته شد، هر سه مرحله‌ی استخراج پیرومتالورژیکی، یعنی تشویه، ذوب و تبدیل، کنترل کننده‌ی فرآیند اکسایش می‌باشند که بطور متوالی دی‌اکسیدگوگرد، اکسیدآهن (که به همراه مواد باطله و روان‌ساز به‌صورت سرباره درمی‌آید) و نهایتاً مس فلزی تولید می‌کنند. این روش ، با روش تشویه و ذوب بطور توام در کوره تشعشعی شروع شده و با ذوب مقداری کانی پرعیار شده در کنورتورها و با حضور اکسیژن فراوان ادامه می‌یابد. در سال‌های اخیر، مرحله‌ی سوم یا اکسایش Cu_2S به مس حفره‌دار بطور موفقیت آمیزی به‌صورت روش مداوم درآمده است که تولید مات مس و مس بلیستر را در یک مرحله امکان‌پذیر می‌سازد. از جمله فرآیندهای مهم در تولید پیوسته مس می‌توان به فرآیندهای نورندا، اتوکمپو و میتسوبیشی اشاره نمود [۳].

در طراحی‌های جدید کوره‌های نوراندا و اتوکمپو امکان تولید مات و مس بلیستر به طور همزمان در یک محفظه وجود دارد. به عنوان مثال در حال حاضر دو کوره اتوکمپو با این طراحی در کشورهای لهستان و استرالیا در حال کار است [۹].

به عنوان مثال فرآیند میتسوبیشی یک فرآیند پیوسته ذوب مس است که با استفاده از سه کوره عمل ذوب و تبدیل مس را انجام می‌دهد. سه کوره با راه‌گاههای سرپوشیده به هم متصل است. مذاب از طریق این راه‌گاهها و در اثر نیروی وزن از هر کوره به کوره بعدی منتقل می‌شود. کنسانتره مس همراه با هوای غنی از اکسیژن از طریق یک لوله به داخل کوره ذوب تغذیه می‌شود. سپس اکسید شده و طی فرآیند گرمازا ذوب می‌شود تا مخلوط مات مذاب (۶۸٪ مس) و سرباره تولید شود. سرباره به علت اختلاف وزن مخصوص مات مذاب در کوره حذف سرباره، حذف می‌شود و مات در کنورتور (کوره سوم) بیشتر اکسید شده و مس بلیستر تولید می‌شود. شکل۱-۱۲ شمایی از فرآیند میتسوبیشی را نشان می‌دهد[۱۰].



شکل۱-۱۲. شمایی از فرآیند میتسوبیشی[۱۰]

از فرآیندهای میتسوبیشی در حال کار در دنیا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

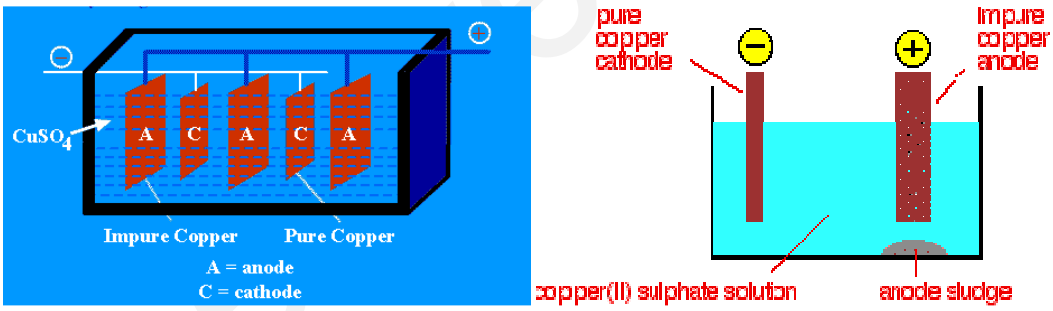
- ژاپن، NAOSHIMA
- کانادا، KIDD CREEK
- کره، ONSAN
- اندونزی، GRESIK
- استرالیا، PORT KEMBLA

۱-۲-۷. تولید آند مسی

ناخالصی‌های موجود در مس بلیستر ممکن است طلا، نقره، بیسموت، آنتیموان و ... باشند. پالایش حرارتی و سپس الکترولیتی به منظور افزایش هر چه بیشتر خلوص مس بلیستر است. در پالایش حرارتی مس بلیستر همراه با فلاکس به داخل کوره آند شارژ می‌شود که دمای آن ۱۱۰۰ درجه نگه‌داشته می‌شود. در ابتدا با دمش هوا و ایجاد اتمسفر اکسیدی برای مذاب، مس و کلیه ناخالصی‌ها اکسید می‌شوند. ناخالصی‌ها به صورت سرباره جدا می‌شود. اکسید مس باقی‌مانده با ایجاد یک اتمسفر احیایی احیا شده و مس با خلوص بالاتر تولید می‌شود. مذاب تولیدی نهایتاً به صورت آند ریخته‌گری می‌شود و به منظور خالص‌سازی بیشتر به واحد پالایش الکترولیتی منتقل می‌شود[۶].

۱-۲-۸. پالایش الکترولیتی

در پالایش الکترولیتی، طی فرآیند الکترولیز آند در محلول حاوی سولفات مس و اسید سولفوریک، آند مسی در محلول حل شده و روی کاتد رسوب می‌کند. وقتی مس روی کاتد رسوب می‌کند ناخالصی‌های فلزی ته نشین می‌شود و لجن را تشکیل می‌دهد. مس کاتدی نهایتاً ذوب شده و به صورت شمش یا مفتول ریخته‌گری می‌شود. در شکل۱-۱۳ شماتیک فرآیند الکترولیز نشان داده شده است[۶].



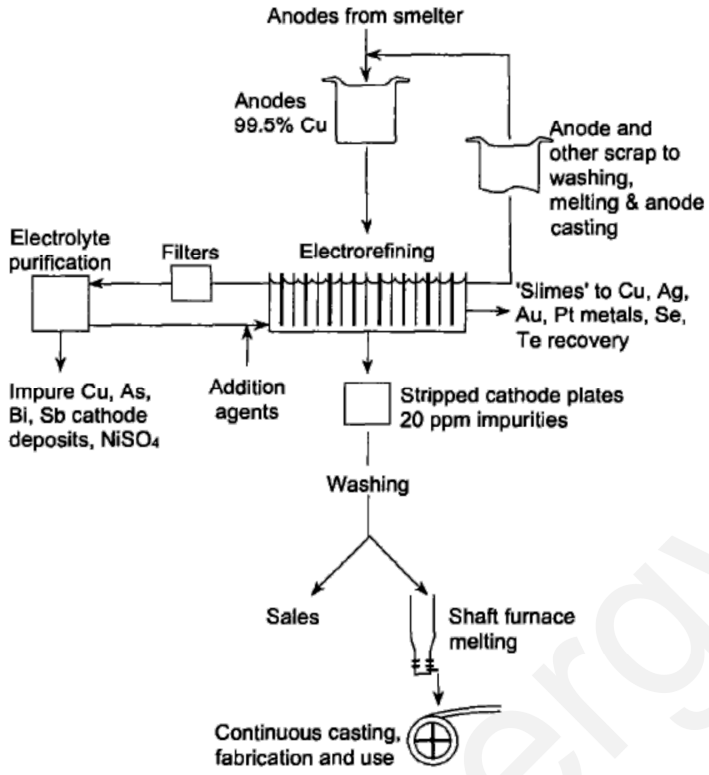
شکل۱-۱۳. شمایی از فرآیند الکترولیز در پالایشگاه الکترولیتی

فرآیند الکترولیز شامل مراحل زیر است:

۱- انحلال الکتروشیمیایی مس از آندهای ناخالص مسی در محلول الکترولیت $CuSO_4$-H_2SO_4-H_2O

۲- رسوب مس خالص از این الکترولیت روی کاتد و ته نشین شدن ناخالصی‌های آند

شکل۱-۱۴ فلوشیت یک واحد پالایشگاه صنعتی را نشان می‌دهد.



شکل۱-۱۴. فلوشیت یک واحد پالایشگاه صنعتی[۱]

اصول کلی الکترولیز به این ترتیب است که با استفاده از پتانسیل الکتریکی بین آند مسی و یک کاتد فلزی در محلول الکترولیت $CuSO_4$-H_2SO_4-H_2O فرآیند زیر اتفاق می‌افتد:

۱- کاتیونهای Cu^{++} در الکترولیت با فرآیند نفوذ و همرفت در الکترولیت حرکت می‌کند.

۲- در سطح کاتد الکترونها با یونهای Cu^{++} مجدداً ترکیب شده و فلز مس (بدون ناخالصی‌های آند) را تولید می‌کنند.

$$V\ 0.34 + E^\circ = \qquad Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu_{\ cathode}$$

واکنش کلی که در سلول اتفاق می‌افتد، واکنش زیر است که پتانسیل آن برابر صفر است:

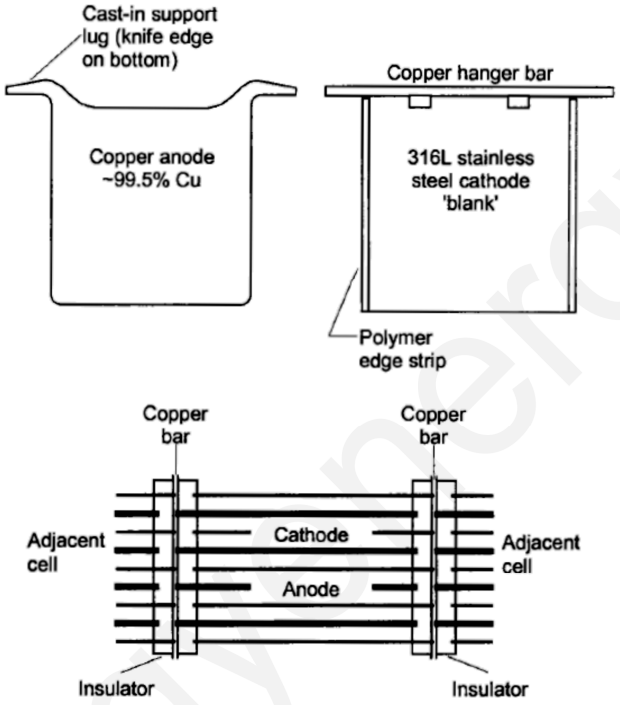
$$Pure\ impure \rightarrow Cu\ Cu^\circ$$

در عمل، با ایجاد اختلاف پتانسیل بین آند و کاتد بر مقاومت به جریان غلبه می‌شود. مقداری ولتاژ اضافی نیز برای رسوب مس روی کاتد (۰/۰۵ ولت) و حل شدن مس در آند (۰/۱ ولت) نیاز است. پتانسیل بین آند و کاتد در صنعت حدود ۰/۳ ولت است[۱].

ناخالصی‌های موجود در آند نظیر طلا، پلاتین، سلنیم، سرب و قلع در الکترولیت حل نمی‌شود و ته سلول الکترولیز رسوب می‌کنند. سایر ناخالصی‌ها نظیر بیسموت، کبالت، نیکل و آهن در الکترولیت حل می‌شوند اما از آنجا که با وجود مس نمی‌توانند روی کاتد رسوب کنند این عناصر در محلول الکترولیت می‌مانند[۱].

الکترولیز صنعتی با استفاده از آندهای به ابعاد ۱m×۱m و ضخامت ۰/۰۵-۰/۰۴ متر و کاتدهای به ضخامت

۰/۰۰۳-۰/۰۰۱ متر انجام می‌شود که به فاصله ۰/۰۵ متر از یکدیگر و به صورت یک در میان قرار دارند و بین آنها توسط الکترولیت پر شده است. کاتدهای اولیه از جنس فولاد زنگ نزن هستند که به میلهٔ مسی جوش خورده‌اند. مس به مدت ۷ تا ۱۰ روز روی این کاتدها رسوب می‌کند. کاتدهای پوشیده شده از مس با اسپری آب داغ شسته شده و به روش مکانیکی از ورق فولادی جدا می‌شود. صفحات فولادی به دقت شسته شده و مجدداً برای الکترولیز استفاده می‌شوند. شکل۱-۱۵ چگونگی قرار گرفتن آند و کاتد در سلول الکترولیز را نشان می‌دهد[۱].



شکل۱-۱۵. چگونگی قرار گرفتن آند و کاتد در سلول الکترولیز[۱]

الکترولیت توسط بخار آب تا ۶۰-۶۵°C گرم شده که حین عبور از سلولها چند درجه افت دما خواهد داشت. الکترولیت با یک سرعت مشخص داخل سلولها در حال گردش است[۱].

آندهای خورده شده در این بخش شسته شده و برای ذوب مجدد به بخش ذوب می‌رود. الکترولیت باقیمانده نیز بازیابی شده و مجدداً استفاده می‌شود[۱].

میزان مصرف انرژی برای تولید هر تن کاتد حدود ۳۰۰-۴۰۰ کیلووات ساعت است. این مقدار با افزایش راندمان جریان و ایجاد جریان الکتریکی مناسب در زمان الکترولیز به حداقل می‌رسد[۱].

۱-۳. استخراج مس از کانه‌های اکسیدی (هیدرومتالورژی(SX-EW))

اگر چه مس اغلب اوقات به شکل سولفیدی یافت می‌شود، به‌صورت اکسیدی نیز به شکل کربنات‌ها، اکسیدها، سیلیکات‌ها و سولفات‌ها، به ویژه در آفریقا، وجود دارد. اغلب کانی‌های اکسیدی به طریقه‌ی موثرتری

تحت عملیات هیدرومتالورژیکی، یعنی انحلال در اسید سولفوریک و به دنبال آن رسوب یا استخراج الکتریکی مس از محلول، قرار می‌گیرند[۱]. حدود ۲۰٪ تولید مس با استفاده از فرآیند هیدرومتالورژی انجام می‌گیرد. این روش شامل سه مرحله لیچینگ، استخراج حلالی (SE) و پالایش الکترولیتی (EW) است.

۱-۳-۱. لیچینگ

فرآیند لیچینگ عبارت است از انحلال مینرال مس در محلول آبی H_2SO_4-H_2O. در فرآیند لیچینگ در شرایط فشار اتمسفر محلول H_2SO_4-H_2O داخل هیپ‌های بزرگ (توده، مواد معدنی) عبور داده می‌شود و مینرال مس در این محلول حل می‌شود. شماتیک فرآیند استخراج مس به روش هیدرومتالورژی در شکل۱-۱۶ نشان داده شده است[۱].

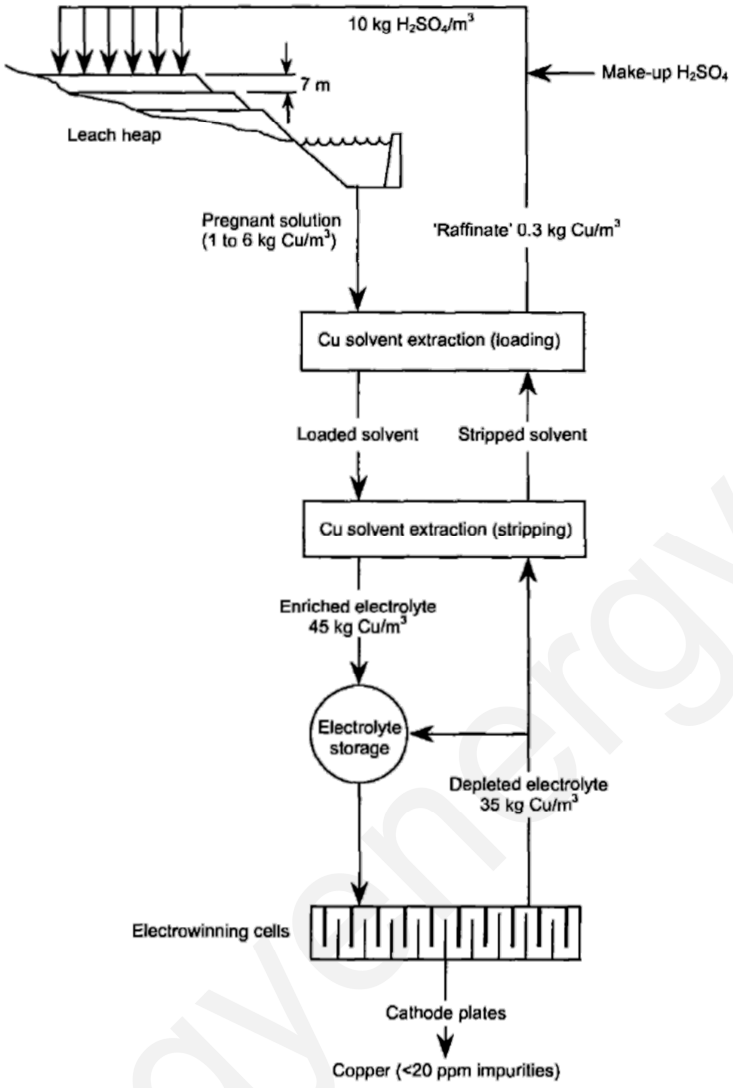
واکنش انحلال مینرالهای غیرسولفیدی مس در محلول اسیدسولفوریک مطابق واکنش زیر است:

$$CuO + H_2SO_4 \rightarrow Cu^{++} + SO_4^{2-} + H_2O$$

انحلال مینرالهای سولفیدی، به اکسیژن نیز نیاز دارد که از O_2 هوا تأمین می‌شود.

$$H_2SO_4 \rightarrow 2Cu^{++} + 2SO_4^{2-} + H_2O\ 2.5\ O_2 + + Cu_2S$$

محصول هیپ لیچینگ محلول حاوی ۱-۶ $kg\ Cu^{++}/m^3$ است که در پایین هیپ جمع‌آوری شده و به بخش استخراج حلالی فرستاده می‌شود [۱].



شکل۱-۱۶. شماتیک فرآیند استخراج مس به روش هیدرومتالورژی[۱]

۱-۳-۲. استخراج حلالی

محصول بخش لیچینگ دو مشخصه دارد:

۱- بسیار رقیق از مس(۱-۶ kg Cu/m^3)

و

۲- بسیار ناخالص (۱-۱۰ kg Fe/m^3)

بـه منظـور انجـام فرآینـد پـالایش الکترولیتـی نیـاز اسـت کـه الکترولیـت خـالص و غنـی از مـس باشـد (>35 kg Cu/m^3). این غلظت بالا اولاً موجب می‌شود که یونهای Cu^{++} همـواره بـرای رسـوب روی کاتـد موجـود باشند و ثانیاً یک کاتد مسی متراکم، صاف و با خلوص بالا و قابل ارائه به بازار تولید کند. فرآیند اسـتخراج حلالـی شرایط تولید الکترولیت خالص غنی از Cu^{++} را از محلول لیچینگ فراهم می‌کند [۱].

فرآیند استخراج حلالی شامل مراحل زیر است [۱]:

۱- تماس محلول آبی حاصل از لیچینگ با محلول آلی و در نتیجه استخراج Cu^{++} از محلول آبی و پیوند با فاز آلی. ماده آلی طبق واکنش زیر Cu^{++} را از محلول حاصل از لیچینگ استخراج می‌کند:

$$2RH + Cu^{++} + SO_4^{2-} \rightarrow R_2Cu + 2H^+ + SO_4^{2-}$$

RH می‌تواند آلدکسیم[1] یا کتوکسیم[2] باشد.

۲- جدایش وزنی محلول آبی عاری از مس (رافینیت) و محلول آلی حاوی مس

۳- بازگشت رافینیت با غلظت کم مس به بخش لیچینگ

۴- تماس محلول آلی حاوی مس با الکترولیت اسیدسولفوریک غلیظ و در نتیجه جدایش مس از فاز آلی و وارد شدن به الکترولیت. واکنش جدایش مس از فاز آلی طبق واکنش زیر اتفاق می‌افتد:

$$2H^+ + SO_4^{2-} + R_2Cu \rightarrow 2RH + Cu^{++} + SO_4^{2-}$$

۵- جدایش وزنی محلول آلی، عاری از مس و الکترولیت آبی غنی از Cu^{++}

۶- بازگشت محلول آلی به چرخه لیچینگ

۷- فرستادن الکترولیت غنی از Cu^{++} به بخش پالایش الکترولیتی برای رسوب Cu^{++} به صورت مس خالص.

این فرآیند به صورت پیوسته می‌باشد. مراحل ۱ و ۲ در یک محفظه (Extraction Mixer Settler) و مراحل ۶ و ۷ نیز در یک محفظه (Strip Mixer Settler) اتفاق می‌افتد [۱].

به طور خلاصه فاز آلی [۱]:

۱- ابتدا با مس موجود در محلول رقیق اسیدسولفوریک (حاصل از لیچینگ) غنی می‌شود.

۲- از محلول حاصل از لیچینگ جدا می‌شود.

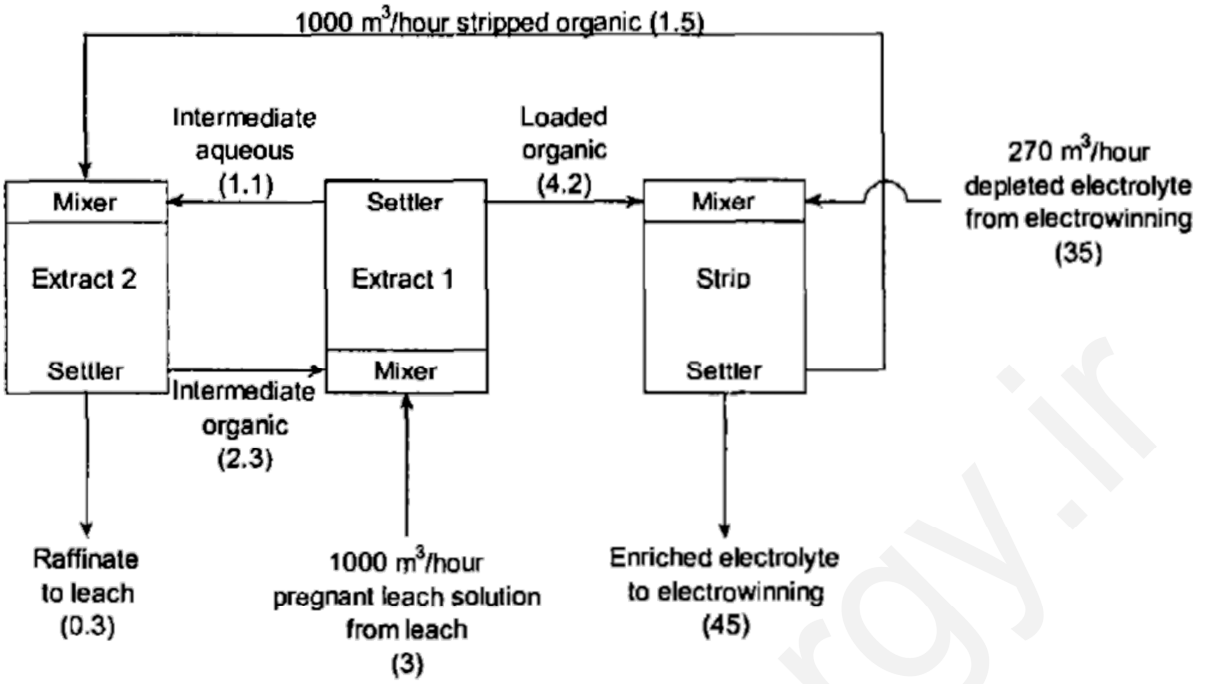
۳- در تماس با الکترولیت غلیظ H_2SO_4، مس خود را از دست می‌دهد.

در واقع تفاوت غلظت اسیدسولفوریک در محلول لیچینگ و الکترولیت منجر به انجام فرآیند می‌شود [۱].

شماتیک فرآیند استخراج حلالی در شکل۱-۱۷ نشان داده شده است.

1 - aldoxime

2 - ketoxime



شکل۱-۱۷. شماتیک فرآیند استخراج حلالی [۱]

۱-۳-۳. پالایش الکترولیتی

در پالایش الکترولیتی، الکترولیت حاصل از بخش استخراج حلالی به صورت مس خالص فلزی رسوب خواهد کرد. پالایش الکترولیتی شامل مراحل زیر است:

۱- غوطه‌ور کردن کاتدهای فلزی و آندهای خنثی (اما رسانا) در الکترولیت $CuSO_4$-H_2SO_4-H_2O

۲- ایجاد اختلاف پتانسیل بین آند و کاتد

۳- رسوب مس خالص فلزی از الکترولیت روی کاتدها

آندها معمولاً از جنس ورق‌های سربی هستند که نسبتاً خنثی هستند اما به مرور زمان خورده می‌شوند. کاتدها نیز ورقه‌های فولاد زنگ نزن هستند. عمل رسوب مس روی کاتد حدود یک هفته طول می‌کشد. بعد از آن کاتد به طور مکانیکی از ورقه فولادی جدا شده، شسته شده و برای فروش ارسال می‌شود [۱].

واکنش پالایش الکترولیتی مشابه واکنشی است که در الکترولیز رخ می‌داد.

$Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu^\circ$ $\qquad E^\circ = +0.34\ V$

اما واکنش آند کاملاً متفاوت است. درآند واکنش آزاد شدن گاز اکسیژن اتفاق می‌افتد.

$H_2O \rightarrow H^+ + OH^- \rightarrow \frac{1}{2}\ O_2 + 2H^+ + 2e^-$ $\qquad -1.23V = E^\circ$

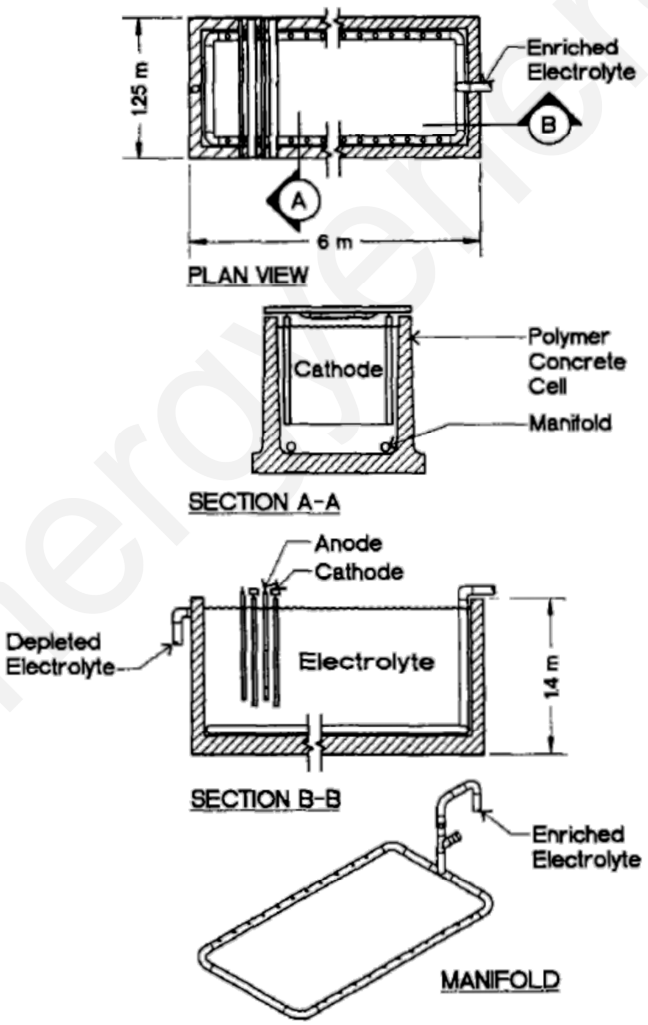
واکنش کلی به شکل زیر خواهد بود:

$$\Delta E = -0.89V \qquad Cu^{++} + SO_4^{2-} + H_2O \rightarrow Cu^{\circ} + \tfrac{1}{2} O_2 + 2H^{+} + SO_4^{2-}$$

محصولات پالایش الکترولیتی عبارتند از:

- مس خالص در کاتد
- گاز اکسیژن در آند
- اسید سولفوریک در محلول

مس برای فروش به بازار ارسال می‌گردد و گاز اکسیژن وارد اتمسفر می‌شود و اسیدسولفوریک برای استفاده مجدد بازیابی می‌شود. شکل۱-۱۸ شمایی از یک سلول پالایش الکترولیتی را نشان می‌دهد [۱].



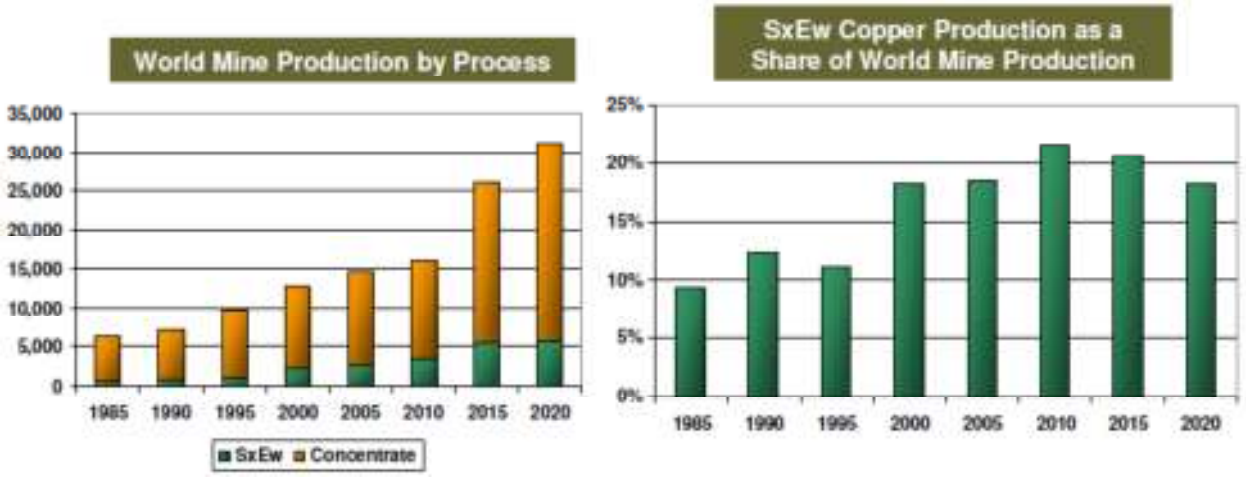
شکل۱-۱۸. شمایی از یک سلول پالایش الکترولیتی [۱]

برای انحلال، ابتدا سنگ معدن به اندازه کافی خرد شده تا برای استخراج موثر، سطح زیادی بدست آید.

سپس با یک ماده‌ی حلال یعنی اسید سولفوریک، به روش وزنی در توده‌ها یا انباشته‌های بزرگ کانه‌ی کم‌عیار، یا توسط تلاطم مکانیکی در حوضچه‌ها یا مخازن تماس پیدا می‌کنند[۱].

غلظت سولفات مس حاصل، طی فرآیند استخراج با حلال افزایش می‌یابد. سولفات مس غلیظ با پمپ‌های مخصوص به واحد احیای الکتریکی فرستاده و وارد سلول‌های احیا می‌شود که حاوی آند سربی و کاتدهای فولاد ضد زنگ می‌باشد. مس از محلول جداشده و بر سطح کاتد می‌نشیند [۱].

شکل۱-۱۹ سهم هر یک دو فرآیند پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی در تولید مس در دنیا تا سال ۲۰۱۰ و پیش‌بینی سهم هر یک تا سال ۲۰۲۰ را نشان داده است.

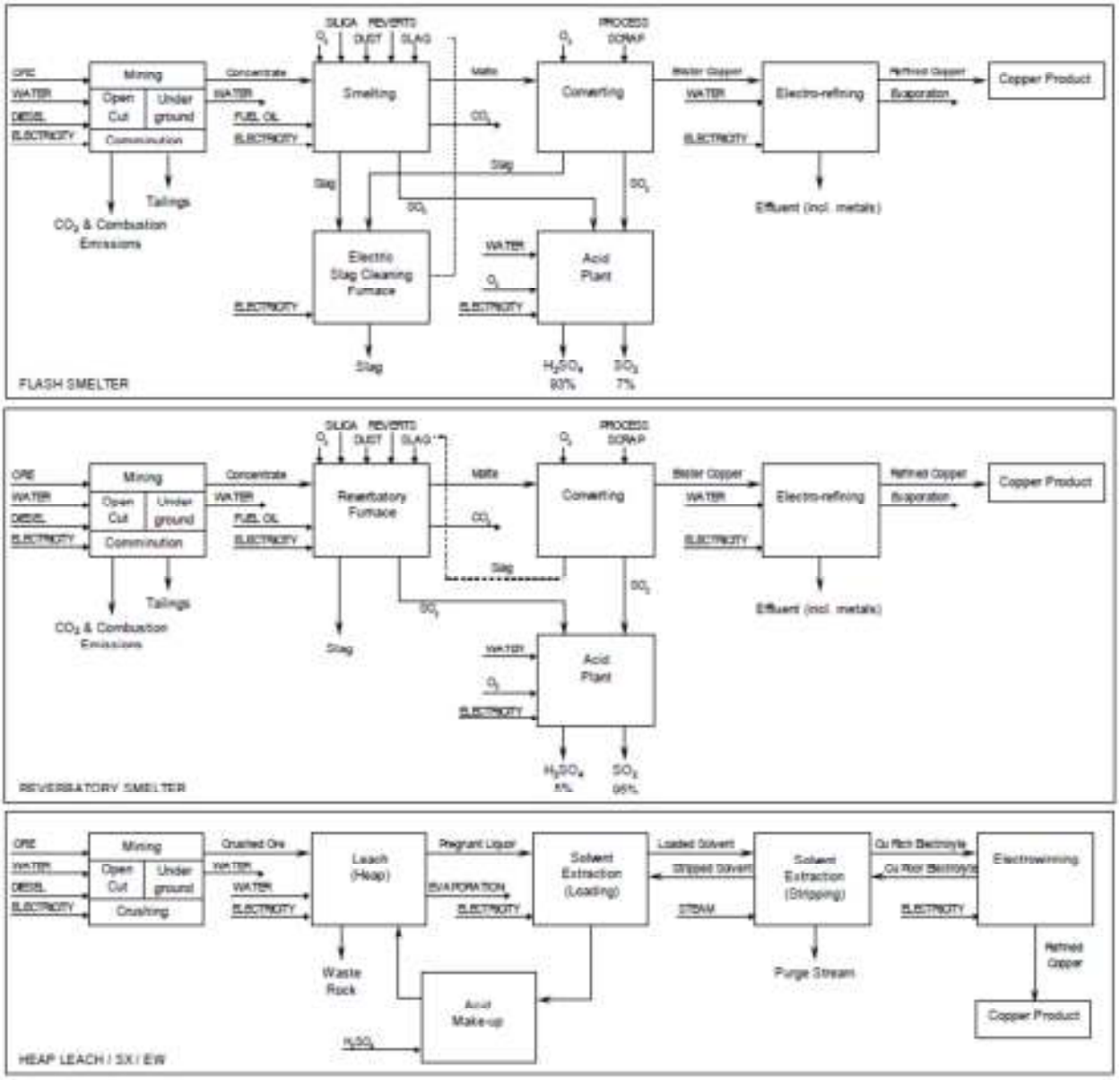


شکل۱-۱۹. سهم هر یک از دو فرآیند پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی در تولید مس در دنیا (واحد ۱۰۰۰ تن) [۵]

در استخراج به روش هیدرومتالورژی بخش عمده تأمین انرژی، از طریق انرژی الکتریکی انجام می‌شود. در روش پیرو متالورژی بخش تغلیظ و ذوب پر مصرف‌ترین بخش‌ها از نظر مصرف انرژی می‌باشند، میزان انرژی مصرفی در روش SX-EW کمتر از روش پیرومتالورژی است به همین دلیل همانطور که درشکل۱-۱۹ مشاهده می شود تولید مس به روش هیدرومتالورژی در حال افزایش می باشد.

ولی از آن جهت که مس بیشتر به صورت مینرالهای سولفیدهای مس – آهن و سولفید مس در زمین موجود است مس بیشتر (۸۰-۹۰٪) به روش پیرومتالورژی تولید می گردد.

شکل۱-۲۰ مقایسه فلوشیت کلی روش‌های کوره‌های تشعشعی، ریورب و روش SX-EW را نشان می‌دهد. برای هر روش ورودی‌ها و خروجی‌های هر یک از واحدها نشان داده شده است.



شکل۱-۲۰. مقایسه فلوشیت کلی روش‌های کوره‌های تشعشعی، ریورب و روش SX-EW [۱۱]

۱-۴. ذوب و ریخته‌گری کاتد مسی

کاتدهای بدست آمده از استخراج و پالایش الکترولیتی در محیط کنترل شده‌ی احیایی برای ریخته‌گری به اشکال صنعتی ذوب می‌شوند. سوخت‌های مورد استفاده، کم‌گوگرد هستند تا از جذب آن در محصول مس اجتناب شود. عمل ذوب غالباً در کوره‌هایی با تنوره‌ی عمودی (آسارکو) انجام می‌گیرد که در آن کاتدها حین حرکت به سمت پایین توسط گازهای داغ متصاعد تولید شده بر اثر احتراق سوخت در روزنه‌های تعبیه شده در دورادور پایین کوره، گرم می‌شوند. ذوب کامل و سریع است و مادامی که اتمسفر ملایم احیایی برقرار باشد اکسایش یا جذب ناخالصی اتفاق نمی‌افتد[۳].

فصل دوم:
معرفی انواع فرایند تولید و ارائه دسته بندی کارخانجات مس کشور از نظر تنوع تولید

ایران از دیرباز به عنوان یکی از پتانسیل‌های مهم اقتصادی مس پورفیری در دنیا شناخته شده است و از نظر مس‌زایی در بهترین شرایط متالوژنی قرار گرفته است. از دیدگاه تکتونیکی کشور ایران در سیستم کوهزایی آلپ– هیمالیا (آلپی) واقع شده است. از نظر کانی‌سازی، کمربند جهانی مس (کمربند آلپ- هیمالیا) که از کوه‌های آلپ در اروپای غربی شروع شده و پس از عبور از کشورهای اروپای شرقی و ترکیه از ناحیه مرزی جلفا وارد ایران شده و از جنوب شرق وارد افغانستان، پاکستان و هندوستان گشته و به کوه‌های هیمالیا ختم می‌شود. مس از جمله فلزاتی است که در طول سالیان دراز، بسیار مورد استفاده قرار گرفته است.

۸۵ تا ۹۰ درصد مس مصرفی دنیا از طریق استخراج معادن مس حاصل می‌گردد. بر اساس آخرین ارزیابی‌های صورت گرفته، ذخایر معدنی مس در کل جهان (به استثنای چین و شوروی سابق) معادل ۵۷۰۰۰ میلیون تن برآورد گردیده است و ذخیره معادن مس ایران با ۱۴ میلیون تن مس محتوی حدود ۳/۵ درصد از ذخایر معدنی مس جهان را در بر می‌گیرد. طبق بررسیهای انجام شده، ایران از لحاظ ذخایر معدنی مس بر روی کمربند جهانی این فلز قرار گرفته است که در راستای محور شمال غرب ـ جنوب شرق کشور امتداد دارد.

در حال حاضر بیش از ۶۰۰ اندیس مس در ایران شناسایی شده است. در همین راستا پیش‌بینی‌های صورت گرفته حاکی از آن است که کل میزان مس محتوی ذخائر ایران برابر ۱۴ میلیون تن می‌باشد. لذا با برنامه‌ریزیهای صورت گرفته و پس از اجرای طرحهای برنامه چهارم توسعه، استحصال ۲/۵ درصد از این مقدار مس دست یافتنی خواهد بود.

جدول۲-۱. مهمترین معادن مس ایران

ردیف	نام کانسار	ذخیره و عیار	توضیحات
۱	نمونه یک	۱/۲ میلیارد تن با عیار میانگین ۰/۷٪ مس	عیار مولیبدن ۳۰۰ppm، طلا ۲۷۰ppm و نقره ۳/۰۹ppm
۲	نمونه دو	۱۷۰ میلیون تن با عیار ۰/۸۳٪	
۳	نمونه سه	۱۴۳ میلیون تن با عیار ۰/۴۴٪	عیار مولیبدن ۵۰۰ppm، سوپرژن نامشخص و محدود اما حجم باطله برداری کم است.
۴	نمونه چهار	ذخیره قطعی ۷۹۶ میلیون تن با عیار ۰/۶۱٪	عیار مولیبدن حدود ۲۰۰ ppm، ذخیره اصلی نمونه چهار در زون هیپوژن بوده و ذخیره سوپرژن ناچیز و محدود است.
۵	نمونه پنج	۲۵ میلیون تن با عیار ۰/۷۸٪	
۶	نمونه شش	۸ میلیون تن با عیار ۰/۸٪	

۲-۱. مجتمع مس نمونه یک

در ۱۲ تیر ماه ۱۳۵۱، شرکت سهامی معادن مس نمونه یک شهر یک، تشکیل و در سال ۱۳۵۵ به شرکت ملی صنایع مس ایران که در برگیرنده کلیه فعالیتهای معادن مس کشور است تغییر نام داد.

از وظایف این شرکت، استخراج و بهره‌برداری از معادن مس، تولید محصولات پر عیار سنگ معدن و محصولات مسی نظیر کاتد، اسلب، بیلت و مفتول هشت میلیمتری می‌باشد.

معدن مس نمونه یک یکی از بزرگترین معادن روباز مس دنیا و بزرگترین معدن روباز در خاورمیانه می‌باشد. این معدن یکی از بزرگترین ذخایر شناخته شده مس پرفیری در جهان می‌باشد که در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی شهر یک، ۶۵ کیلومتری جنوب شهر چهار و ۳۰ کیلومتری شمال پاریز قرار گرفته است. این مجتمع از طریق جاده آسفالته به شهرهای دیگر مرتبط بوده و علاوه بر آن به شبکه سراسری راه آهن نیز وصل می‌باشد. فاصله این معدن تا بندرعباس ۴۳۷ کیلومتر است و ارتفاع متوسط این ناحیه از سطح دریا ۲۶۲۰ متر و بلندترین ارتفاع ناحیه از سطح دریا ۳۲۸۰ متر می‌باشد. طول و عرض جغرافیایی ناحیه معدن به ترتیب ۵۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی است.

آب و هوای کلی منطقه(محدوده معدن و شهرک مس) شامل زمستانهای سرد و برفگیر و بادخیز با تابستانهای معتدل می‌باشد. درجه حرارت سالیانه در این ناحیه از ۱۵- تا ۳۵+ درجه سانتیگراد متغیر است. متوسط بارندگی در ارتفاعات ۵۵۰ میلیمتر و در محدوده دامپهای باطله حدود ۴۵۰ میلیمتر در سال و حداکثر میزان بارندگی حدود ۱۰۰۰ میلیمتر در سال گزارش شده است. بادخیزی منطقه نسبتاً شدید و بادهای متداول در زمستان در جهت جنوب، جنوب غربی و در تابستان در جهت شمال- شمال شرق می‌وزند. سرعت باد در این ناحیه گاهی تا حدود ۱۰۰ کیلومتر در ساعت می‌رسد.

بر طبق آمار موجود ذخیره آن با عیار ۰/۷ درصد (تا ۱ درصد) مس به میزان ۱۲۰۰ میلیون تن می‌باشد و

روزانه بطور متوسط حدود ۴۰ هزار تن سنگ معدن وارد کارخانه پرعیارکنی می‌شود. در این مجتمع پس از استخراج سنگ معدن آن را خرد و نرم کرده و طی فرآیند فلوتاسیون جداسازی کانیهای مس‌دار از گانگ (باطله) صورت می‌گیرد. پس از این مرحله، جداسازی مولیبدن نیز طی فرآیند فلوتاسیون دیگری انجام می‌شود. کنسانتره مس فیلتر و خشک شده و سپس مراحل ذوب و پالایش روی آن انجام می‌شود و در نهایت مس کاتد با عیار ۹۹/۹۹۹ درصد به مفتول، اسلب و بیلت تبدیل می‌شود. شکل۲-۲نمایی از معدن مس نمونه یک را نشان می‌دهد.

شکل۲-۱. نمایی از معدن مجتمع مس نمونه یک

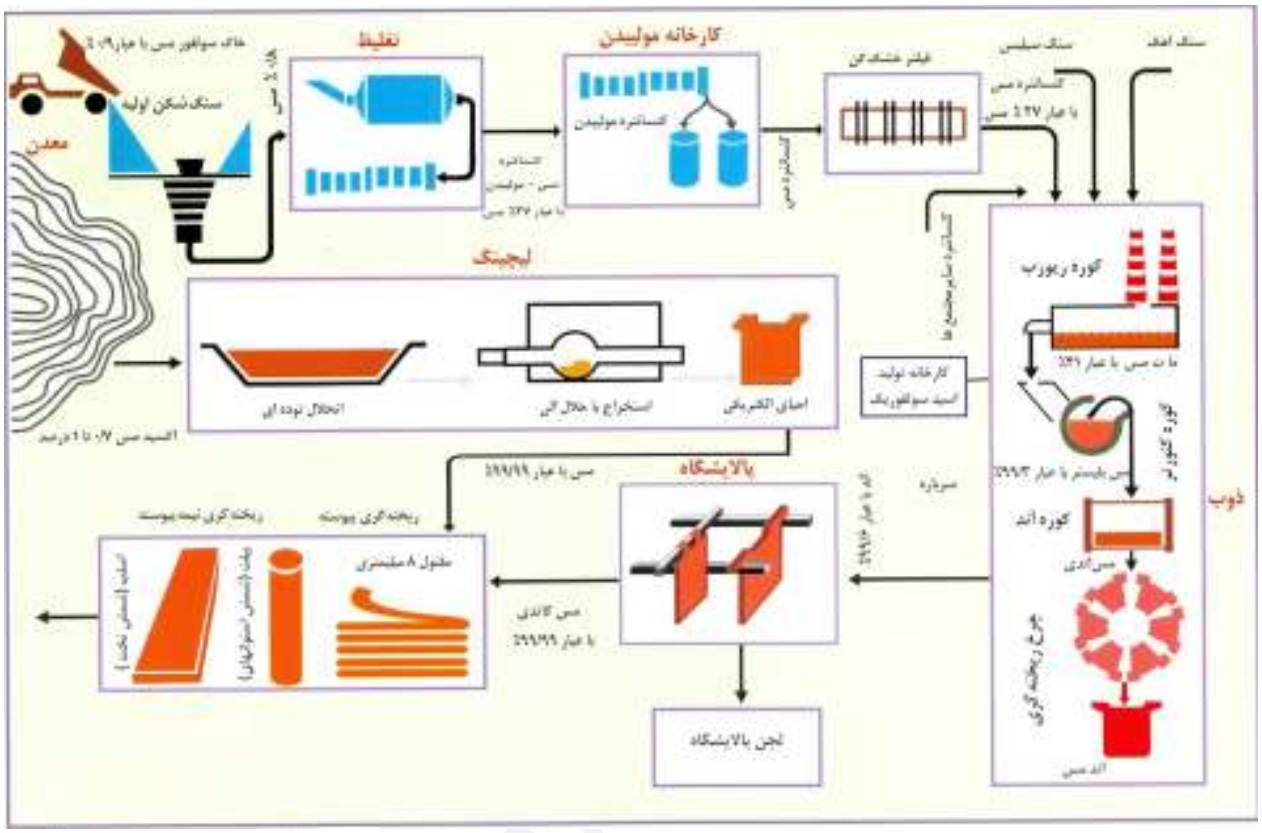
اصلی‌ترین محصولاتی که در مجتمع مس نمونه یک به تولید و فروش می‌رسد، عبارتند از: مفتول ۸ میلیمتری، کاتد، بیلت (شمش استوانه‌ای)، اسلب (شمش تخت)، کنسانتره مولیبدن و کنسانتره مس.

در چرخه تولید مجتمع مس نمونه یک، دو محصول جانبی دیگر به نامهای کنسانتره فلزات گرانبها (طلا و نقره) و سولفور مولیبدن با عیار حدود ۵۳ درصد تولید می‌شود که میزان تولید متوسط آنها برای کنسانتره فلزات گرانبها سالیانه بین ۳۰۰ تا ۳۵۰ تن و برای سولفور مولیبدن بین ۳۵۰۰ تا ۴۰۰۰ تن می‌باشد. این محصولات جانبی با توجه به قیمت روز جهانی صرفاً به تولیدکنندگان داخل کشور فروخته می‌شود.

شکل۲-۲ نمودار گردش کار در مجتمع مس نمونه یک را نشان می‌دهد. بخش‌های مختلف کارخانه و تولیدات آنها به شرح ذیل است.

۱. امور معدن
۲. کارخانه تغلیظ (شامل کارخانه سنگ‌شکنی و تغلیظ شماره ۱ و ۲ و کارخانه مولیبدن)
۳. واحد ذوب
۴. پالایشگاه
۵. ریخته‌گری پیوسته و نیمه پیوسته
۶. واحد لیچینگ

۷. کارخانه تولید اسید سولفوریک



شکل۲-۲. نمودار گردش کار در مجتمع مس نمونه یک

۲-۱-۱. امور معدن

معدن مس نمونه یک یکی از بزرگترین معادن روباز مس دنیا و بزرگترین معدن روباز در خاورمیانه می‌باشد. کانسار مس نمونه یک در قسمت مرکزی کمربند کوهزایی ارومیه-دختر که یک مجموعه رسوبی آتشفشانی گسله و چین خورده است، واقع شده است. این کمربند کوهزایی در حاشیه جنوب غربی با زاگرس همجوار است. در حال حاضر روزانه نزدیک به ۶۰ هزار تن ماده معدنی و ۵۰ هزار تن باطله و اکسید از معدن استخراج می‌گردد.

۲-۱-۲. کارخانه ذوب

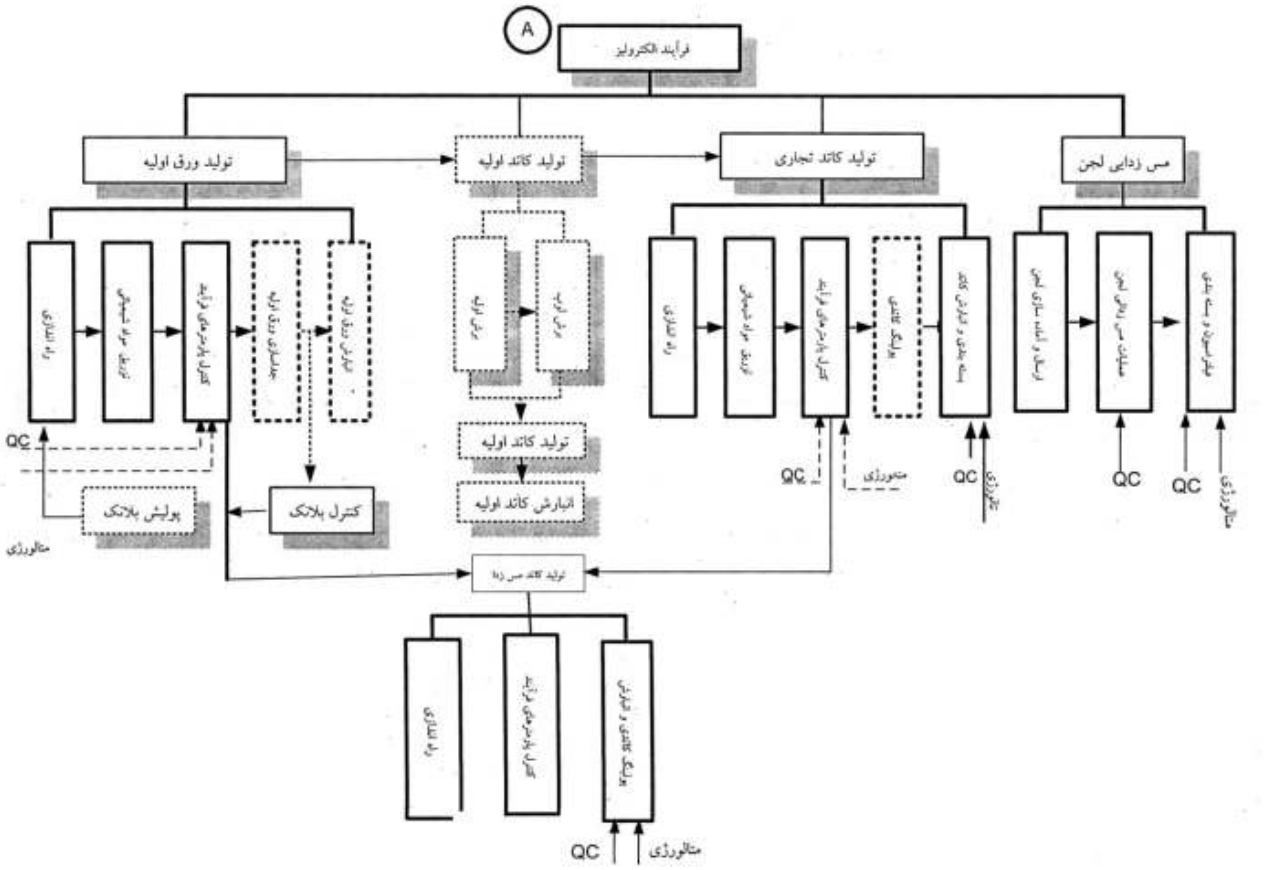
واحد ذوب، روزانه به میزان ۱۴۳۲ تن کنسانترهٔ مس با عیار ۳۲٪ را از کارخانه فرآوری دریافت نموده و برای آماده کردن مواد مذکور جهت ذوب در کوره‌های انعکاسی (کوره‌های ریورب) مواد را خشک و سپس همراه با ۳۰٪ سیلیس بعنوان سرباره‌ساز و اکسید کلسیم بعنوان کمک ذوب مخلوط می‌نماید. مواد در کوره‌های ریورب ذوب شده و مس مات تولید می‌شود. در کنورتورها (کوره تبدیل کننده) مس مات تبدیل به مس بلیستر می‌گردد. پس

از انجام عملیات تبدیل، سرباره حاصل از کوره کنورتور بعنوان بار در گردش به کوره ریورب منتقل شده و مس بلیستر به منظور تصفیه حرارتی به کوره‌های آندی ارسال شده و نهایتاً محصول کارخانه ذوب به صورت آند ریخته‌گری می‌شود و به پالایشگاه منتقل می‌شود. در کارخانه ذوب روزانه حدود ۴۲۰ تن محصول تولید می‌شود.

۲-۱-۳. پالایشگاه

واحد الکترولیز: مس آند با حذف شدن عمدهٔ ناخالصی‌های باقیمانده در مرحلهٔ تصفیهٔ حرارتی در کورهٔ آند، برای انجام عملیات تصفیهٔ الکتریکی آماده می‌شود. هدف از تصفیهٔ الکتریکی تهیهٔ مس با حداقل ناخالصی‌های ممکن برای استفاده در مصارف الکتریکی می‌باشد. عملیات تصفیه با الکترولیز مس در داخل سلول‌های الکترولیز که آند آن مس ناخالص (مس آند حاصل از کوره‌های آند) و کاتد آن مس خالص است، صورت می‌گیرد. با افزودن الکترولیت و برقراری جریان مستقیم، بر اساس اصول الکتروشیمی ذرات مس از آند وارد محلول شده و سپس بر روی کاتد اضافه می‌شوند. در صورت افزایش جریان از حد مجاز و یا اضافه شدن غلظت الکترولیت به مرور زمان (اصطلاحاً کهنه شدن محلول) سایر فلزات با پتانسیل الکتریکی پایین‌تر از مس (از قبیل سرب، منگنز، کادمیوم، روی، نیکل، قلع، آرسنیک، آنتیموان و بیسموت) نیز جذب کاتد شده و کیفیت مس استحصال شده را کاهش می‌دهند. فلزات گرانبها از قبیل طلا، نقره و سزیم با دارا بودن پتانسیل الکترودی بیشتر از مس جذب کاتد نشده و مستقیماً در لجن الکترولیز متمرکز می‌شوند.

energyenergy.ir



شکل۲-۳. نقشه فرآیندی پالایشگاه

۲-۱-۴. واحد ریخته‌گری پیوسته و ناپیوسته

بخش ریخته‌گری شامل دو بخش ریخته‌گری پیوسته و ناپیوسته می‌باشد. در ریخته‌گری پیوسته مفتول مسی با ضخامت ۸ میلیمتر در کویلهای ۴ تنی تولید می‌گردد که ظرفیت آن با دو شیفت کاری در روز ۱۰۷۰۰۰ تن می‌باشد. تجهیزات اصلی ریخته‌گری پیوسته عبارت از یک کوره آسارکو، یک کوره هولدینگ، ماشین هزلت و خط نورد می‌باشد. شمش خروجی از ماشین هزلت پس از عبور از مراحل نورد تبدیل به مفتول ۸ میلیمتری گردیده و سپس وارد خط اکسیدزدایی شده و در نهایت مفتول به شکل کویل به وزن تقریبی ۴ تن بسته‌بندی می‌شود. محصول ریخته گری ناپیوسته شامل اسلب (شمش مس) و بیلت (شمش استوانه ای شکل) می‌باشد

۲-۱-۵. لیچینگ

معدن مس نمونه یک علاوه بر ذخیره سنگ‌های سولفوری مس که به روش پیرومتالورژی در حال استحصال می‌باشد، شامل ذخیره قابل توجهی از سنگ‌های اکسیدهٔ مس با عیار کمتر از ۱٪ می‌باشد که از ابتدای شروع عملیات معدن‌کاری و استخراج به عنوان سنگ‌های باطله در دو دمپ غربی و شرقی انباشته شده‌اند.

عملیات لیچینگ توده‌ای شامل سه فرآیند اصلی انحلال سنگ‌های اکسیده توسط اسید سولفوریک رقیق در

محل هیپ، استخراج کاتیون‌های مس از فاز آبی توسط یک حلال آلی، تولید مس کاتد از محلول الکترولیت به روش الکتروویننینگ می‌باشد.

۲-۱-۶. کارخانه اسید سولفوریک

با توجه به حضور در حد قابل قبول گاز SO_2 در گازهای خروجی کارخانه ذوب مجتمع مس نمونه یک، می‌توان از این گاز جهت تولید اسید سولفوریک استفاده نمود. بنابراین خوراک کارخانه اسید سولفوریک، گازهای ناشی از فرآیند تصفیه حرارتی کارخانه ذوب مجتمع خواهد بود.

۲-۲. معرفی مجتمع مس نمونه چهار

مختصات جغرافیایی منطقه، ۴۶ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. کانسار مس نمونه چهار در یک منطقه کوهستانی، با ارتفاع متوسط ۲۰۰۰ متر بالای سطح دریا و در بخشی از رشته کوههای قره‌داغ قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع محدوده معدن از سطح دریا ۲۷۰۰ متر می‌باشد.

زمستان‌های سرد و یخبندان و تابستان‌های معتدل از خصوصیات آب و هوایی این منطقه است. میانگین حداکثر درجه حرارت در تابستان ۳۳ درجه سانتیگراد و در زمستان ۲۰ درجه سانتیگراد ثبت شده است. مقدار حداکثر بارندگی در محل حدود ۳۵۰ میلیمتر در سال می‌باشد و مقدار رطوبت نسبی در سال بین ۵۲ تا ۸۵ درصد متغیر است. جهت غالب وزش باد جنوب غربی می‌باشد.

۲-۲-۱. معدن مس نمونه چهار

سابقه معدنکاری در نمونه چهار به دو قرن پیش (دوره قاجاریه) بر می‌گردد. آثار فعالیتهای قدیمی به صورت استخراج زیرزمینی در امتداد طول رودخانه نمونه چهار در محدوده پر عیار بوده است. بهره‌برداری از سنگهای پر عیار مس تا سال ۱۳۵۱ متناوبا انجام گرفته است.

عملیات اکتشافی با استفاده از روشهای نوین و وسایل و تجهیزات جدید از سال ۱۳۲۵ شروع و تا سال ۱۳۵۶ ادامه داشته است. در سال ۱۳۵۶ وجود ذخایر مس از نوع پرفیری توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی کشور محرز گردید. در سال ۱۳۷۰ عملیات اکتشافی، ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی وجود آنومالی‌های قوی مس و مولیبدن را در کانسار مس نمونه چهار محرز نمود. مطالعات امکان‌پذیری مقدماتی در سال ۱۳۷۰ توسط شرکت SNC کانادا و در سال ۱۳۷۴ توسط شرکت ایتوک انجام شد.

اولین گمانه کانسار در سال ۱۳۶۸ حفر شد. حفر گمانه‌ها به مقدار وسیع از سال ۱۳۶۹ آغاز گردید. طی سالهای ۱۳۷۰،۱۳۷۱ در بخش شرقی توده کانسار تا اسکارن شمالی (محدوده تونل ۳) ، ۳۰ حلقه گمانه به طول کلی ۹۰۰۰ متر حفر گردید. تعداد ۷ تونل اکتشافی با سطح مقطع ۴ متر مربع و متراژ کل ۲۴۲۴/۲۵ متر نیز در

فاصله سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۸ حفر شدند. عملیات پیش باطله‌برداری نیز از سال ۱۳۷۲ آغاز گردید.

اولین بار در سال ۱۳۷۵ برآورد ذخیره کانسار صورت گرفت. اکتشافات تکمیلی نیز در سال ۱۳۷۸ انجام شد.

بطور کلی کانسار مس نمونه چهار در زون آتشفشانی ارومیه- دختر کـه بخشـی از کمربنـد متـالوژنی آلـپ- هیمالیا است، قرار دارد. این کانسار از کانسارهای پرفیری نوع مونزونیتی است. در طـی فرآینـد کـانی‌زایـی انـواع کانیهای سولفیدی، فلزات اصـلی و اکسـیدها بـه وجـود آمـده‌انـد. کـانی‌هـای سـولفیدی موجـود شـامل پیریـت، مولیبدنیت، گلن، اسفالریت، مارکازیت، پیروتیت و سولفیدهای مس(کالکوپیریت، بورنیت ، کالکوسـیت و کوولیـت) می‌باشند. فلزات اصلی شامل طلا و نقره و اکسیدها شامل ایلمنیت، روتیل، مگنتیت و گوتیت می‌باشند.

فعالیت‌های اکتشافی انجام شده بر روی کانسار مس نمونـه چهـار شـامل حفـر بـیش از ۶۰۰۰۰ متـر گمانـه اکتشافی و ۷ تونل با متراژ کل ۲۴۲۴/۲۵ متر منجر به ارائه نتایج زیر شده است.

۱. ذخیره قطعی کانسار حدود ۷۹۶ میلیون تن با عیار ۰/۶۱ درصد برآورد شده است.
۲. ذخیره قابل استخراج حدود ۳۸۸ میلیون تن با عیار ۰/۶۱ درصد برآورد شده است.
۳. کل ذخیره اکسید کانسار حدود ۶/۷ میلیون تن برآورد شده است.
۴. عمر معدن بر اساس برنامه‌ریزی‌های بلند مدت و کوتاه مدت ۳۱ سال در نظر گرفته شده است.

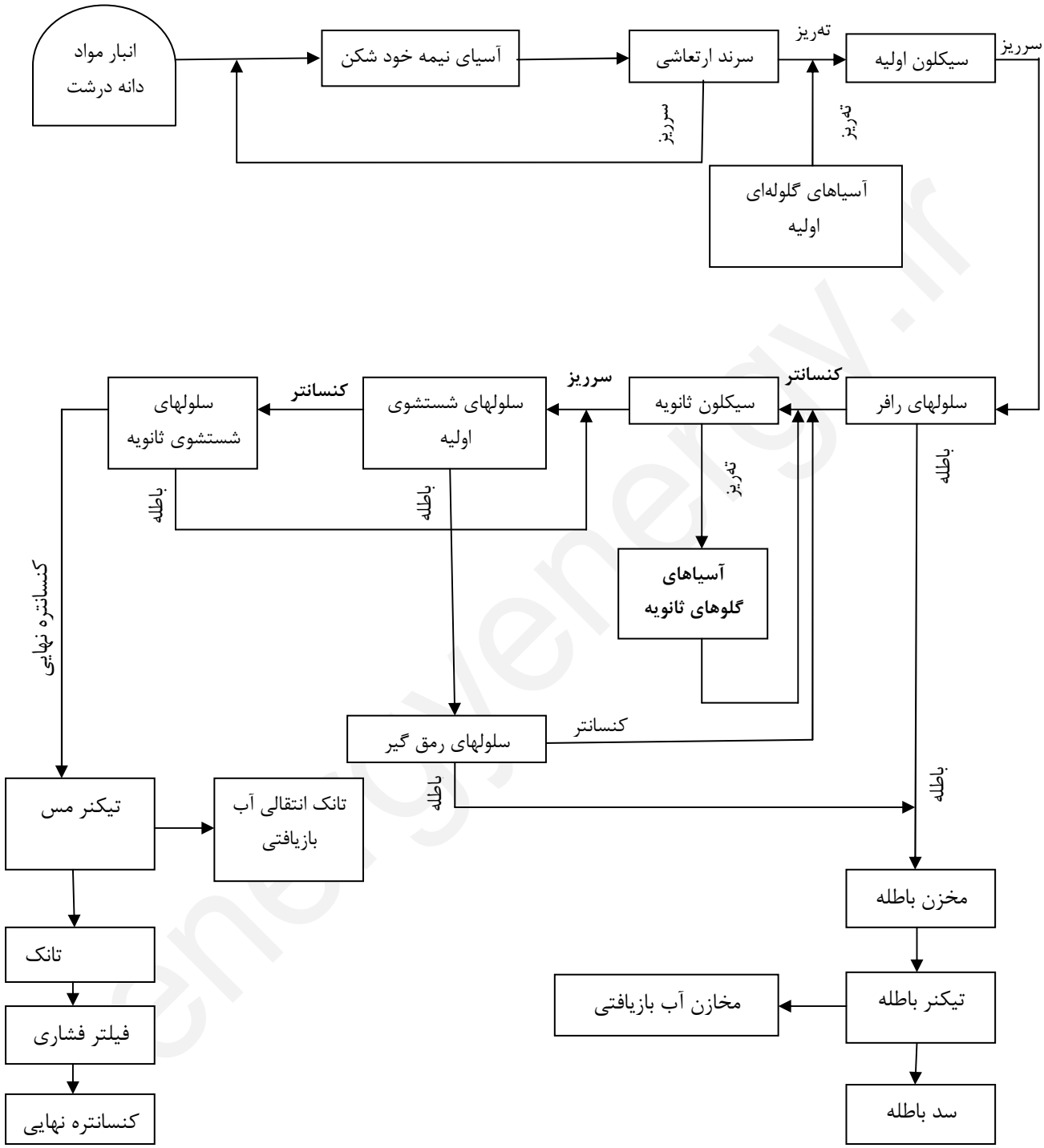
لازم به ذکر است که مطالعات تفصیلی اکتشافی در حال حاضر نیز در حال انجام است. با توجه به مشخصـات کانسار و به دلیل تولید بالا و لزوم استفاده از ماشین‌آلات عظیم الجثه، استخراج معدن مس نمونـه چهـار بـه روش روبار (Open Pit) طراحی شده است.

استخراج روش روباز در مقایسه با سایر روشهای استخراج دارای مزایایی از قبیل ایمنی بالا، تولید زیاد، امکان استخراج مواد معدنی با عیار پایین و پایین بودن ضایعات مواد معدنی می‌باشد. پیت نهایی معدن مس نمونه چهـار با انجام مطالعات تکمیلی توسط متخصصین داخلی و خارجی با استفاده از نـرم‌افزارهـای پیشـرفته طراحـی شـده است.

۲-۲-۲. کارخانه تغلیظ

کارخانه تغلیظ مس نمونه چهار برای دو فاز ۶ و ۲۵ ساله طراحی شده است. فاز اول با ظرفیت ۷ میلیون تـن خوراک در سال باید ۱۵۰ هزار تن کنسانتره مس با عیـار ۳۰ درصـد در سـال تولیـد نمایـد. در فـاز دوم ظرفیـت خوراک به ۱۴ میلیون تن در سال افزایش خواهد یافت. در فرآیند تغلیظ مس در مجتمع مس نمونه چهار، سـنگ معدن پس از خردایش اولیه در سنگ‌شکن ژیراتوری، در انبار مواد دانه درشت ذخیره شده و از آنجا بـا تنـاژ ۹۰۰ تن در ساعت وارد کارخانه تغلیظ می‌شود. در کارخانه تغلیظ پس از طی فرآیند خردایش ثانویـه در آسـیای نیمـه خودشکن و آسیاهای گلوله‌ای اولیه و ثانویه، عملیـات پـر عیارسـازی در سـلولهای فلوتاسـیون انجـام و در نهایـت کنسانتره مس با عیار ۳۰ درصد به عنوان محصول نهایی به انبار کنسـانتره ارسـال مـی‌گـردد. باطلـه نیـز پـس از

آبگیری در تیکنر باطله به سد باطله منتقل می‌شود. شکل۲-۴ فلوشیت فرآیند پرعیارسازی مس را در این کارخانه نشان می‌دهد.



شکل۲-۴. فلوشیت فرآیند پر عیار سازی

کارخانه تغلیظ شامل دو بخش صنعتی و نیمه‌صنعتی می‌باشد.

فرآیند پرعیارسازی مس در کارخانه تغلیظ مس نمونه چهار رامی‌توان به ۴ ناحیه سنگ شکنی وانتقال مـواد، ناحیه خردایش، ناحیه فلوتاسیون و ناحیه آبگیری تقسیم نمود.

۱. ناحیه سنگ‌شکن:

عملیات خرد کردن مواد از ابعاد اولیه خارج شده از معدن تا به دست آوردن ابعاد مناسب بـرای ورود بـه آسیاها توسط سنگ‌شکن‌ها انجام می‌شود.

۲. ناحیه آسیاب کاری (خردایش):

خردایش بخش مهم و حیاتی در کارخانه‌های کانه‌آرایی به شمار می‌رود. برای خرد کردن بیشتر محصول به دست آمده در مسیرهای سنگ‌شکنی از انواع آسیاها استفاده می‌شود. آسیاها ممکن اسـت بـه طریقـه خشک یا تر کار کنند که انتخاب آن بستگی به نوع کانه و مراحل بعدی عملیـات دارد. بـه عنـوان مثـال اکثر کانه‌های سولفوره به طریقه تر، طی یک یا چند مرحله آسیا می‌شـوند تـا بـه درجـه آزادی مناسـب برسند.

۳. ناحیه فلوتاسیون کارخانه تغلیظ:

پرعیارسازی به روش فلوتاسیون بر مبنای اختلاف خاصیت آبرانی مـواد بـا ارزش و بـی ارزش مـی‌باشـد. مکانیزم عملیات فلوتاسیون جذب انتخابی بخشی از ماده معدنی روی سطح حباب‌های هوا مـی‌باشـد. در این روش از یک محیط شامل سیال و جریان هوا برای ایجاد حباب‌هـای مناسـب اسـتفاده مـی‌شـود. در عملیات فلوتاسیون برای آبران کردن مواد از کلکتور و برای پایدار کـردن حبـاب‌هـا از کـف‌سـاز اسـتفاده می‌شود، مواد شیمیایی مصرفی دیگر در فلوتاسیون شامل فعال‌کننده‌ها، بازدارنده‌ها و تنظیم کننـده‌هـای pH می‌باشند.

۴. ناحیه آبگیری کارخانه تغلیظ:

با توجه به اینکه در اغلب عملیات فرآوری مواد معدنی، از آب برای جدایش کـانی‌هـا اسـتفاده مـی‌شـود، بنابراین کنسانتره نهایی حاوی مقدار زیادی آب است، لذا برای بازیابی آب و همچنین تولید محصـول بـا درصد رطوبت معین بایستی عملیات آبگیری (جدا کردن جامد از مـایع) روی کنسـانتره حاصـله صـورت گیرد.

زمانی که اختلاف بین دانسیته جامد و مایع زیاد باشد، ته‌نشینی موثرترین روش آب‌زدایـی اسـت. وقتـی که دانسیته جامد و مایع نزدیک باشد از فیلتراسیون استفاده می‌شود.

در کارخانه تغلیظ مس نمونه چهار کنسانتره نهـایی بدسـت آمـده از سـلول شستشـوی ثانویـه (سـلول ستونی) در یک مخزن جمع شده و به داخل تیکنر کنسانتره جریان می‌یابد.

کیک نهایی به دست آمده از فیلتر فشاری با رطوبت حدود ۹ درصد به انبار کنسانتره منتقـل مـی‌شـود و آب شستشو و پالپ اضافی به داخل تیکنر کنسانتره برگشت داده می‌شود.

باطله سلولهای فلوتاسیون رافر به همراه باطله سلولهای رمق گیر (اسکاونجر) در یک مخزن جمع شده و به داخل تیکنر باطله انتقال می‌یابد. سرریز تیکنر باطله به سمت مخازن آب بازیافتی ارسال می‌گردد و تهریز آن به سمت سد باطله پمپ می‌شود. باطله ورودی به تیکنر دارای ۷۰/۲٪ آب بوده که در تهریز به ۵۰٪ کاهش می‌یابد. شکل ۲-۶ فولشیت ناحیه آبگیری کارخانه تغلیظ مس نمونه چهار را نشان می‌دهد.

۲-۳. مجتمع مس نمونه هفت

مجتمع مس نمونه هفت شامل معدن و کارخاتجات تغلیظ مس نمونه دو و کارخانه ذوب مس نمونه هشت می‌باشد.

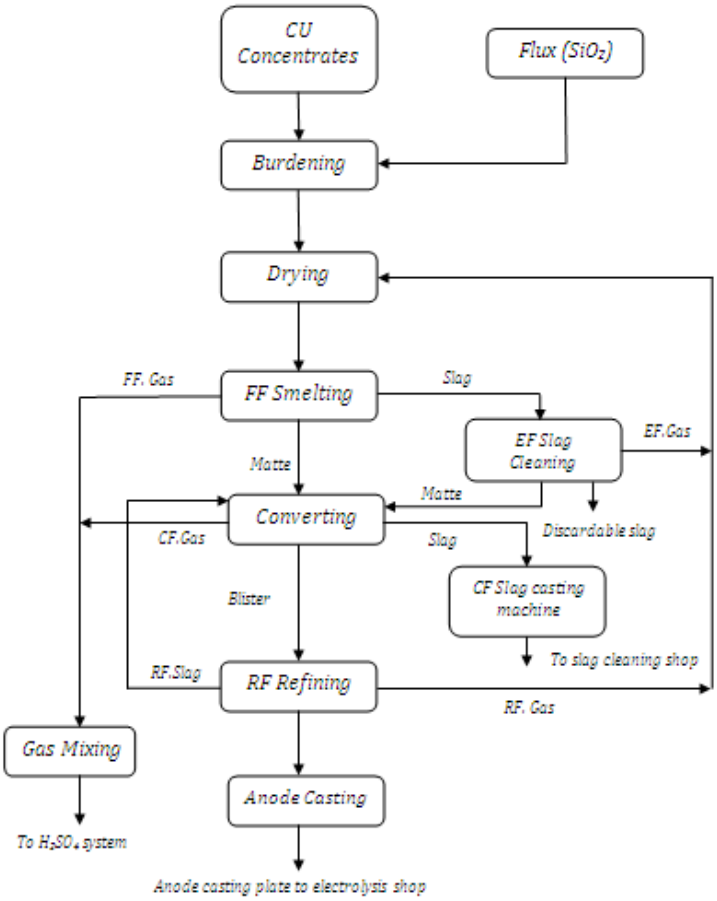
۲-۳-۱. کارخانه ذوب مس نمونه هشت

کارخانه ذوب مس نمونه هشت در ۴۰ کیلومتری نمونه یک، ۶۰ کیلومتری معدن مس نمونه دو و در غرب استان در فاصله ۲۰۰ کیلومتری شهر یک با زیر بنای ۷۰۶۱۷ m2 (مساحت کلی ۱۰۰ هکتار) احداث شده است. در این منطقه زمستانها کوتاه و تابستان‌ها رطوبت نسبتاً مطلوب (بین حداکثر ۶۵ و حداقل ۲۵ درصد) است. دما بین حداقل۱۵/۵°C- تا حداکثر ۴۰°C تغییر می‌کند. متوسط فشار هوای منطقه نیز در حد ۸۱۴/۱ mbar می‌باشد.

قرارداد ساخت این کارخانه در تاریخ ۱۳۷۲/۹/۲ بین وزارت معادن و فلزات ایران و صنایع غیر آهنی کشور چین (NFC) منعقد شد. طرح کلی کارخانه بر اساس طرح کارخانه‌های ذوب مس تویو (Toyo) ژاپن، جین لانگ (Jinlong) و گویشی (Guixi) در چین به تصویب رسید.

طرح ذوب مس نمونه هشت به منظور ذوب کنسانتره مس و تولید سالانه ۸۰ هزار تن مس آندی برنامه‌ریزی شده است. در این کارخانه از تکنولوژی کوره فلش (Flash) برای ذوب کنسانتره مس و تهیه مات (matte) استفاده می‌شود. هم‌اکنون بیش از پنجاه درصد مس تولیدی در دنیا از این روش است که پایه‌گذار آن شرکت اتوکمپو در فنلاند در سال ۱۹۴۹ میلادی بوده است. مزایای عمده این تکنولوژی، کاهش میزان مصرف سوخت و افزایش درصد SO2 در گازهای خروجی می‌باشد که امکان بازیابی اقتصادی گوگرد بصورت اسید سولفوریک را فراهم می‌کند.

در کارخانه ذوب مس نمونه هشت فرآیند تولید از ورود مواد کنسانتره به انبار شروع می‌شود و جریان مواد از شرق به غرب کارخانه در یک مسیر مستقیم بطور پیوسته انجام می‌گیرد. محصول نهایی کارخانه، آند مسی است که یا به فروش می‌رسد یا اینکه برای پالایش به کارخانه مس نمونه یک منتقل می‌شود. نمودار گردش کار کارخانه ذوب نمونه هشت در شکل۲-۵ آورده شده است.



شکل۲-۵. نمودار گردش کار کارخانه ذوب نمونه هشت

۲-۳-۱-۱. انبار کنسانتره

کنسانتره بوسیله کامیون به دو هاپر (قیف) هر یک به ظرفیت ۱۷ متر مکعب شارژ می‌شود، سپس با استفاده از بالابر زنجیره‌ای اولیه به نوار نقاله بالای انبار کنسانتره هدایت می‌شود.

۲-۳-۱-۲. واحد خشک‌کن

در طرح ذوب مس نمونه هشت، رطوبت کنسانتره ورودی به انبار کنسانتره مس ۷٪ (در شرایط خاص ماکزیمم ۱۰٪) در نظر گرفته شده است. ولی برای ذوب در کوره فلاش این رطوبت باید کمتر از سه دهم درصد باشد. در غیر این صورت احتمال ذوب نشدن ذرات کنسانتره در محفظه واکنش کوره فلش وجود دارد. برای کاهش رطوبت مواد کنسانتره از واحدی بنام خشک‌کن استفاده می‌شود

۲-۳-۱-۳. کوره ذوب فلش

این کوره از سه قسمت اصلی تشکیل شده است:

الف) محفظه واکنش (Reaction shaft)

ب) منطقه نشست (Settler)

ج) برج خروجی یا آپتیک (Uptake shaft)

۲-۳-۱-۴. کوره الکتریکی

سرباره کوره فلاش به میزان ۳۳۰ تن با عیار Cu ۱٪ می‌باشد. بمنظور بازیابی مقداری از مس موجود در سرباره که بصورت فیزیکی در لایه‌های سرباره حبس گردیده است از یک کوره الکتریکی استفاده می‌گردد.

۲-۳-۱-۵. کنورتور

مات تولید شده از کوره فلاش و نیز مات حاصل از کوره الکتریکی، در کوره‌های کنورتور تبدیل به مس بلیستر می‌شود، علاوه بر این با استفاده از حرارت ناشی از واکنش تبدیل مات، مواد سرد مختلف در کنورتورها فرآوری می‌شوند. مواد سرد شامل مات سرد، ته پاتیلی مس و ضایعات مسی می‌باشند.

۲-۳-۱-۶. کوره تصفیه آندی

کوره تصفیه آندی برای تصفیه مذاب بلیستر استفاده می‌شود. در این فرآیند گوگرد و بعضی عناصر ناخالصی مضر موجود در مس بلیستر حذف می‌شوند و مس آندی با عیار بالا و مناسب برای تصفیه الکترولیتی بدست می‌آید. عملیات تصفیه بطور کلی شامل دو مرحله اکسیداسیون و احیاء می‌باشد. مس بلیستر دارای ناخالصی‌هایی نظیر S، O، Ni، Fe، Zn، Pb، Sb و Bi است.

برای حذف گوگرد و عناصر ناخالص Me (Me شامل Fe، Co، Ni، As، Zn، Bi، Pb می‌باشد)، در مرحله اکسیداسیون با دمش هوای فشرده به مذاب مس بلیستر، واکنش‌هایی رخ می‌دهد که در اثر آنها عناصر ناخالصی به گاز (مثل گوگرد که تبدیل به SO_2 می‌شود) و یا به سرباره (مثل Fe که FeO می‌شود) تبدیل می‌گردند. واکنش‌های اصلی در این مرحله عبارتند از:

$O_2=2[O]_{Cu}$
$2Cu+1/2O_2=Cu_2O$
$Cu_2O+Me=MeO+2Cu$
$Cu_2S+3/2O_2=Cu_2O+SO_2$
$2Cu_2O+Cu_2S=6Cu+SO_2$

بعد از مرحله اکسیداسیون که عناصر ناخالصی از مذاب مس جدا می‌شوند مقداری اکسیژن در مذاب مس باقی می‌ماند که بایستی در مرحله احیاء با استفاده از دمش یک گاز احیاءکننده مثل پروپان، این اکسیژن احیا شده و از مذاب حذف شود.

واکنش‌ها در این مرحله عبارتند از:

$2[O]_{Cu}=O_2$
$C_3H_8+5O_2=3CO_2+4H_2O$
$C_4H_{10}+13/2O_2=4CO_2+5H_2O$

۲-۳-۱-۷. چرخ ریخته‌گری

پس از انجام عملیات تصفیه در کوره‌های آند، مذاب از طریق لاندرهایی به چرخ ریخته‌گری هدایت می‌شود. سیستم ریخته‌گری آند، از توزین و ریخته‌گری اتوماتیک آندها شروع شده و به سرد کردن آنها در بوش تانک (Bosh Tank) خاتمه می‌یابد. استفاده از سیستم ریخته‌گری اتوماتیک باعث تولید آندهای ریخته‌گری با دقت وزنی خوب و دارای شکل و سطح یکنواخت می‌شود. علاوه بر این ظرفیت ریخته‌گری را بالا می‌برد

۲-۳-۲. معرفی مجتمع نمونه دو

سیمای ظاهری منطقه نمونه دو به صورت تپه‌های نسبتاً گرد با شیب ملایم و دره‌های کم عمق است که بالاترین ارتفاع آن از سطح دریا ۲۸۴۲ متر می‌باشد. محدوده مس نمونه دو دو توده نفوذی کم عمق مس پورفیری را در بر می‌گیرد. که هر یک از این دو توده نام محلی خاص خود را دارند. یکی از آن‌ها نمونه دو (لاچاه) و دیگری سارا می‌باشد. کارگاه اصلی در محل معدن نمونه دو است که در ۷ کیلومتری شمال‌غرب روستای نمونه دو واقع شده است. مجتمع مس نمونه دو شامل دو واحد معدن و کارخانه تغلیظ می باشد که در ادامه به معرفی آنها پرداخته شده است.

۲-۳-۲-۱. واحد معدن

منطقه نمونه دو قسمتی از بخش مس خیز استان شهر یک است که از نظر زمین‌شناسی می‌توان آن را قسمتی از سیستم کوهزایی آلپ-هیمالیا دانست. کمربند فلززایی ایران مرکزی از مهمترین خطوط کمربندی سیستم کوهزایی آلپ هیمالیا مربوط به این زمان است. از کمربندهای شناخته شده آن همراه با زون ولکانیکی پلوتونیکی ارومیه- قلعه دختر است که کانسارهای مس نمونه یک و نمونه دو در آن واقع هستند. نحوه استخراج این معدن پلکانی روباز است. ذخیره زمین‌شناسی کانسار نمونه دو با عیار حد ۰/۲۵ درصد، ۱۷۰ میلیون تن ماده معدنی با عیار ۰/۸۵ درصد مس محاسبه گردیده است که از این مقدار، حدود ۱۴۴۴۷۵۰۰۰ تن با عیار متوسط ۰/۸۴ قابل برداشت می‌باشد. شرکت ملی صنایع مس ایران نیز، در چهارچوب طرح اکتشاف نمونه دو، فعالیت‌های اکتشافی خود را از سال ۱۳۵۸ آغاز و بر پایه یک قرارداد با شرکت لهستانی کبار اقدام به گمانه‌زنی سیستماتیک در سطحی به ابعاد ۶۰۰ × ۶۰۰ متر بر روی بخش پرعیار توده مس پورفیری نمونه دو نمود. تراکم شبکه گمانه‌زنی ۱۰۰ × ۱۰۰ متر بوده و بیشترین عمق آن‌ها ۳۰۰ متر بوده است. در سال ۱۳۷۰ به موجب قرارداد مابین شرکت آهن مرکزی و گروه حفاری طرح نمونه دو گمانه‌هایی تا عمق ۶۰۰ و ۱۰۰۰ متر به صورت زاویه‌دار در میان گمانه‌های قدیمی حفر شد. تا سال ۱۳۷۸ نزدیک به ۱۴۵۵۴ متر مغزه حفاری و ۱۶۷۰ متر تونل مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. بخش ژئوفیزیک امور اکتشاف شرکت ملی مس ایران کاوش‌های ژئوفیزیکی در اطراف نمونه دو انجام داده و گسترش توده مس پورفیری را بررسی نموده است.

نسبت باطله به ماده معدنی در معدن مس نمونه دو برابر ۲/۴ به ۱ می‌باشد. ذخیره کانه اکسیده ۱/۴ میلیون تن با عیار ۱/۱ درصد اکسید مس و ۰/۹۵ درصد مس می‌باشد. بر اساس آخرین نتاج تا سال ۲۰۰۲ کل ذخیره قطعی این معدن ۱۴۵ میلیون تن با عیار متوسط ۰/۸ درصد می‌باشد. عیار طلا در توده مس پورفیری نمونه دو در حد بلا فصل دیودره کمتر از ۰/۴ گرم در تن و در محدوده سارا نزدیک به ۰/۵ گرم در تن گزارش شده است. بر اساس مطالعات فنی و اقتصادی انجام شده، عملیات معدنی برای ۸۰ میلیون تن خاک معدنی و با عیار ۱ درصد توجیه اقتصادی دارد. عملیات باطله‌برداری از معدن که حدود ۶۰۸۲۰۰۰۰ تن است، به طور موثر از سال ۷۵ آغاز شده که تا پایان آبان ماه ۸۳ مجموعاً ۱۵۳ میلیون تن خاک‌برداری انجام شده است. در حال حاضر چهار پله، ۲۶۴۵، ۲۶۶۰، ۲۶۷۵ و ۲۶۳۰ آماده‌سازی گردیده و استخراج سنگ سولفور از آن میسر می‌باشد.

۲-۳-۲-۲. واحد تغلیظ

کارخانه تغلیظ نمونه دو در نزدیکی معدن نمونه دو و در زمینی به مساحت تقریبی ۱۴ هکتار احداث شده است و در دی ماه ۱۳۸۳ به بهره‌برداری رسیده است. این کارخانه، بر اساس طراحی، قادر است از ۵ میلیون تن سنگ سولفوری معدن، به طور متوسط سالانه ۱۵۰ هزار تن کنسانتره مس با عیار ۳۰ درصد تولید نماید.

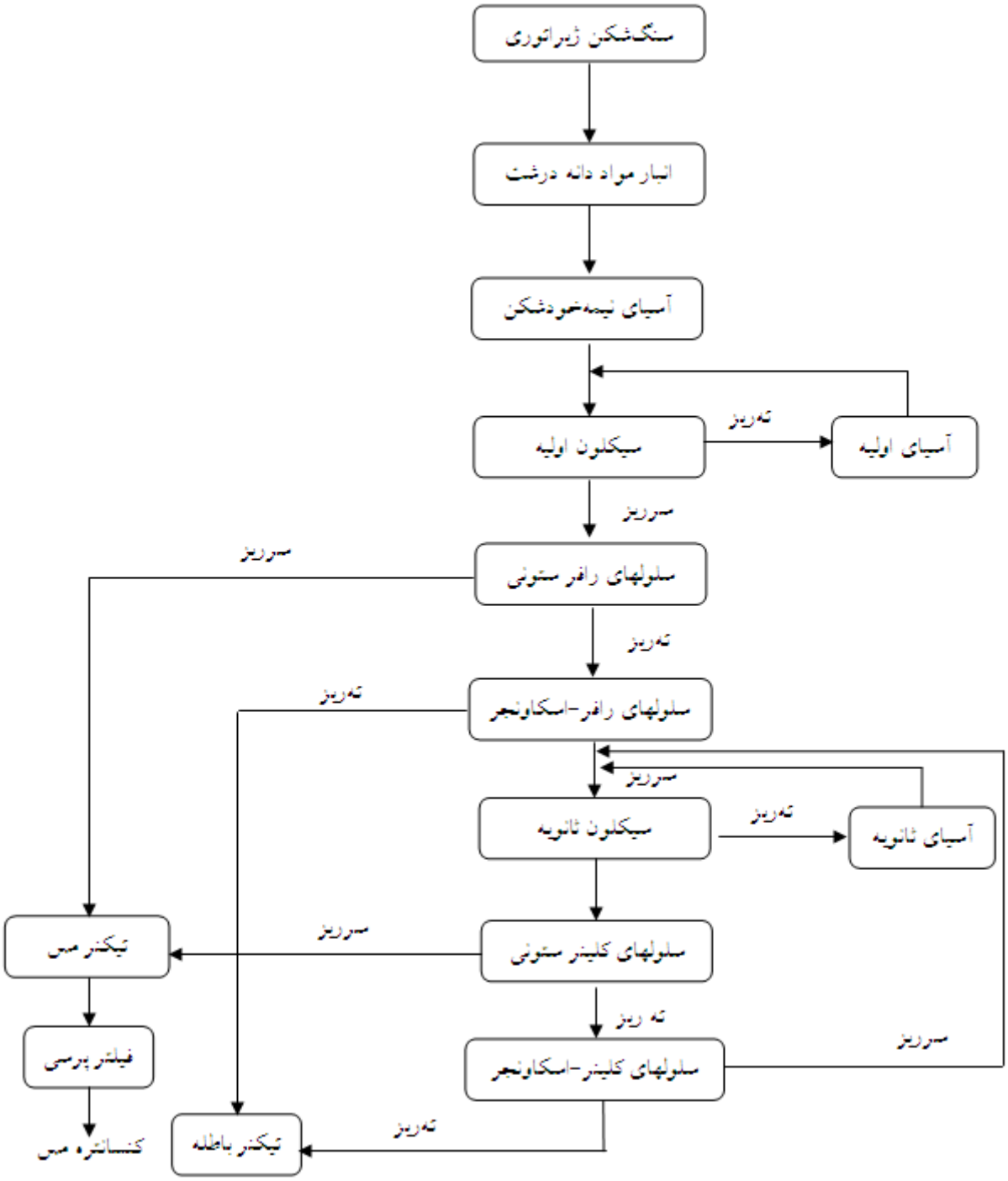
فرایند پر عیارکنی طرح تغلیظ مس نمونه دو شامل واحدهای انتقال مواد، خردایش، طبقه‌بندی مواد، فلوتاسیون و آبگیری است. فرایند استحصال کنسانتره که محصول نهایی کارخانه تغلیظ است بدین قرار است:

ابتدا ماده معدنی در یک سنگ‌شکن ژیراتوری تا ابعاد کمتر از ۲۵ سانتیمتر خرد می‌شود، سپس با نوار نقاله به انبار حمل می‌گردد و با پودر آهک در هم می‌آمیزد و برای خردایش تر با نوار نقاله به آسیای نیمه خودشکن و سپس آسیاهای گلوله‌ای منتقل و تا حد ۰/۳ میلیمتر خرد می‌شود.

دوغاب ایجاد شده پس از خردایش، به سلولهای ستونی و مکانیکی پمپ می‌شود و سپس با افزودن مواد شیمیایی، عملیات شناورسازی (فلوتاسیون) بر روی آنها انجام می‌گیرد.

عیار کنسانتره تولیدی این فرایند حدود ۳۰ درصد است که ابتدا در تیکنرها آبگیری می‌شود، سپس رطوبت آن توسط دستگاههای فیلتر پرس به حدود هشت درصد می‌رسد و انبار می‌شود.

باطله کارخانه توسط تیکنرهای باطله آبگیری می‌شود و درصد جامد به حدود ۶۳ درصد می‌رسد و سپس برای آبگیری کامل به سد رسوبگیر منتقل می‌گردد. پس از ته نشین شدن باطله و انتقال آب به سد رسوبگیر، آب جمع شده برای استفاده مجدد، به کارخانه پمپاژ می‌شود. شکل۲-۶ نمودار گردش کار کارخانه نمونه دو را نشان می‌دهد.



شکل۲-۶. نمودار گردش کار کارخانه تغلیظ نمونه دو

فصل سوم:
آمار و اطلاعات مصارف انرژی کارخانجات مس کشور و ارائه شاخصهای مصرف انرژی در کارخانجات کشور

هدف اصلی در پیشرفت فن‌آوری‌ها از دیدگاه انرژی، کاهش اتلاف انرژی و بازیافت انرژی است و رقابت بین سازندگان کارخانجات بر مبنای عرضه ماشین‌آلات با مصرف انرژی کمتر است.

تدوین نقشه راه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور، بدون اطلاع از وضعیت صنایع مس ایران از نقطه نظر مصرف انرژی و مقایسه شدت مصرف آن با معیارهای مناسب، میسر نمی‌شود. جهت سهولت بررسی میزان مصرف انرژی، ایجاد امکان مقایسه وضعیت مجتمع‌های مس مورد مطالعه با استانداردهای داخلی و جهانی، نرم‌افزاری در محیط Excel 2007 آماده گردیده که با وارد کردن اطلاعات مربوط به تولید و مصرف حاملهای انرژی، اطلاعات موردنیاز برای بررسی وضعیت کارخانه (از نقطه نظر مصرف انرژی) به صورت اتوماتیک محاسبه و در قالب نمودار ارائه می‌شود. از طرفی بررسی و تجزیه و تحلیل مصرف انرژی یک واحد صنعتی و مقایسه آن با مقادیر متداول جهانی، کمک شایانی را در منطقی نمودن مصرف انرژی آن واحد صنعتی به دنبال دارد.

در این بخش از گزارش به مستندسازی مصرف انرژی براساس اطلاعات و آمار مربوط به تولید و میزان مصارف انرژی براساس آمار موجود در چهار مجتمع مس کشور شامل مجتمع مس نمونه یک، مجتمع مس نمونه چهار و مجتمع مس شهر بابک شامل (کارخانه ذوب نمونه هشت و مجتمع مس نمونه دو) طی دوره زمانی سه ساله پرداخته شده است. در گزارش حاضر محاسبات روند تغییرات تولید و مصرف انواع حاملهای انرژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سهم مصرف انواع حاملهای انرژی و هزینه‌های مربوط به آنها تا حد ممکن برای هریک از واحدهای فرآیندی و کل مجتمع ها تعیین گردید. در این گزارش متوسط مصرف ویژه انرژی حرارتی، الکتریکی و کل برای هر یک از واحدهای فرآیندی محاسبه گردیده و وضعیت کارخانجات مس کشور از لحاظ مصرف انرژی در مقایسه با متوسط مصرف ویژه انرژی کارخانه‌های مس دنیا تعیین گردید.

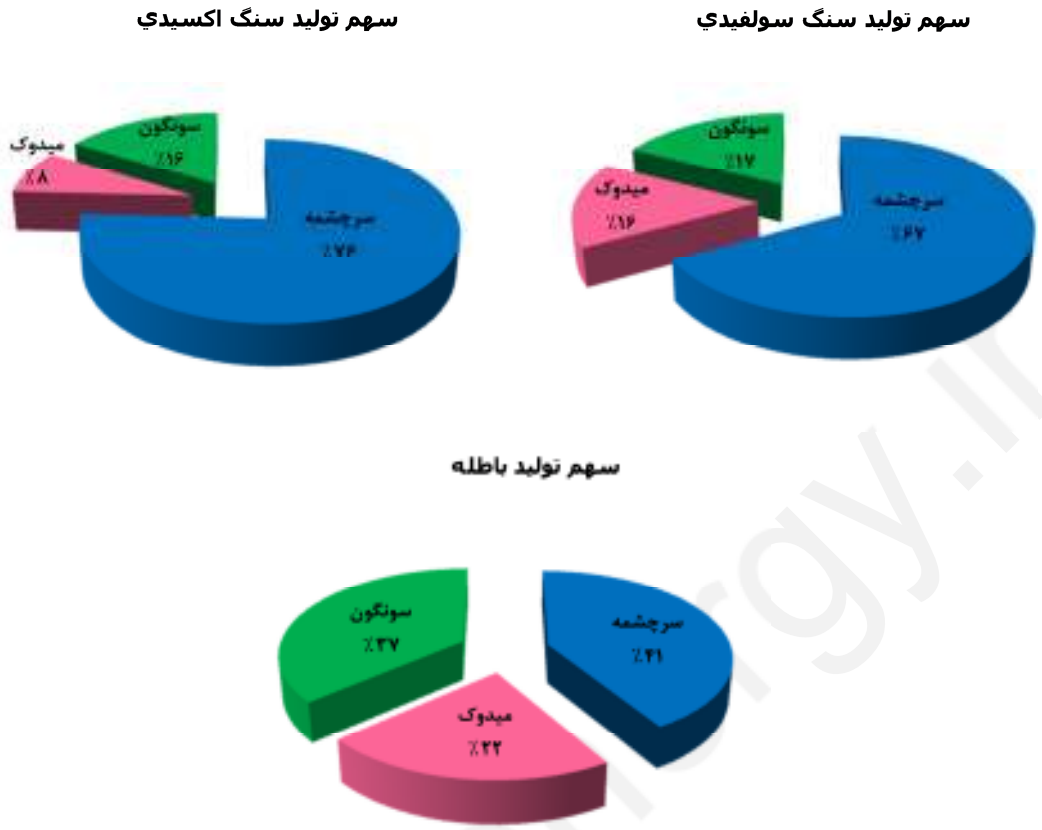
۳-۱. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی واحد معدن

۳-۱-۱. آمار تولید واحد معدن

در این بخش مقایسه ای بین آمار تولید واحد معدن مجتمع‌های مس نمونه یک، نمونه چهار و نمونه دو انجام گرفته است. آمار تولید این واحد از مجتمع‌ها بصورت ماهیانه برای یک سال به طور نمونه در جدول۳-۱ و برای سالهای دیگر به صورت فایل الکترونیکی ارائه شده است[۶۶] تا [۷۰] .

جدول۳-۱. آمار تولید واحد معدن مجتمع‌های مس کشور

ماه	مقدار سنگ باطله (Ton)			سنگ اکسیدي (Ton)			سنگ سولفیدي (Ton)		
	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار
فروردین	1,211,404	662,134	1,265,571	46,201	0	22,022	2,023,927	444,422	501,910
اردیبهشت	1,200,045	727,575	1,374,617	94,106	13,058	7,940	1,965,366	432,280	478,879
خرداد	1,764,834	780,370	1,751,865	120,660	0	29,177	1,930,665	514,174	446,605
تیر	1,524,935	820,567	1,889,661	110,241	2,419	61,117	1,887,834	459,937	413,692
مرداد	1,834,898	850,139	2,028,392	66,884	31,341	29,760	1,745,912	490,123	488,105
شهریور	1,129,755	776,797	2,249,150	244,164	35,290	11,537	1,792,736	475,869	466,801
مهر	1,409,555	1,028,490	2,071,632	301,665	15,311	17,834	1,314,919	426,896	607,752
آبان	1,732,365	973,748	2,751,137	76,593	7,745	19,079	1,794,237	487,844	503,594
آذر	1,036,705	960,630	2,899,889	282,658	25,545	23,218	1,855,295	578,867	590,476
دي	1,812,475	1,010,434	2,387,862	181,070	3,400	20,797	1,796,943	586,495	491,151
بهمن	1,338,997	1,231,237	2,477,273	154,826	9,429	2,784	1,915,507	592,536	503,412
اسفند	1,249,814	982,843	1,997,497	324,800	1,988	0	1,610,996	417,049	521,780
متوسط	**1,437,148.50**	**900,413.67**	**2,095,378.76**	**166,989.00**	**14,552.60**	**22,296.65**	**1,802,861.42**	**492,207.67**	**501,179.64**
کل سال	**17,245,782.0**	**10,804,964.0**	**25,144,545.1**	**2,003,868.0**	**145,526.0**	**245,263.2**	**21,634,337.0**	**5,906,492.0**	**6,014,155.6**



شکل۳-۱. مقایسه تولید کانیهای سولفیدی، اکسیدی و باطله در معدن مجتمع‌های مس کشور

همانگونه که از نمودارهای ارائه شده مشخص است، بیشترین استخراج سنگ معدن مس سولفیدی و اکسیدی مربوط به مجتمع مس نمونه یک می باشد. و در مجتمع مس نمونه چهار با وجود پایین بودن میزان تولید واحد معدن، میزان باطله در این معدن نسبتاً بالاست.

۳-۱-۲. آمار مصارف انرژی واحد معدن

در جدول۳-۲ مصارف انرژی الکتریکی و فسیلی واحد معدن مجتمع‌های مس کشور به صورت ماهیانه برای یک سال به طور نمونه ارائه گردیده است.

جدول۳-۲. مقایسه حاملهای انرژی مصرفی واحد معدن مجتمع های مس کشور

ماه	انرژي فسيلي مصرفي (GJ)			انرژي الكتريكي مصرفي (GJ)			كل انرژي مصرفي (GJ)		
	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار
فروردین	62,751.57	35,374.27	34,876.04	7,294.69	641.70	413.43	70,046.26	36,015.97	35,289.47
اردیبهشت	60,294.55	30,083.08	31,637.55	7,984.81	550.94	569.48	68,279.36	30,634.02	32,207.04
خرداد	58,434.96	30,491.63	33,132.24	7,732.36	403.56	400.64	66,167.33	30,895.19	33,532.89
تیر	59,463.36	0.00	37,616.30	7,483.56	365.29	382.64	66,946.91	365.29	37,998.95
مرداد	61,133.59	30,616.18	42,847.71	7,493.81	34.24	374.00	68,627.41	30,650.42	43,221.72
شهریور	63,591.41	28,598.36	41,103.91	7,523.02	388.98	400.64	71,114.43	28,987.34	41,504.55
مهر	70,759.86	28,598.36	46,086.20	4,517.19	63.72	418.57	75,277.04	28,662.08	46,504.77
آبان	66,319.59	25,778.38	46,086.20	6,879.68	111.28	423.36	73,199.26	25,889.65	46,509.56
آذر	65,293.43	23,977.28	46,086.20	7,158.76	174.92	406.80	72,452.20	24,152.20	46,493.00
دي	69,977.49	28,286.96	46,086.20	7,639.11	165.20	423.36	77,616.60	28,452.17	46,509.56
بهمن	72,042.65	28,286.96	46,086.20	7,104.20	133.20	423.36	79,146.85	28,420.16	46,509.56
اسفند	71,637.04	25,982.65	46,086.20	6,261.23	174.92	423.36	77,898.26	26,157.58	46,509.56
متوسط	**65,141.62**	**28,734.01**	**41,477.58**	**7,089.37**	**267.33**	**421.64**	**72,230.99**	**26,606.84**	**41,899.22**
کل سال	**781,699.5**	**316,074.1**	**497,731.0**	**85,072.4**	**3,208.0**	**5,059.7**	**866,771.9**	**319,282.1**	**502,790.6**

۳-۱-۳. محاسبه و تحلیل مصرف ویژه انرژی واحد معدن

به منظور تعیین عملکرد یک واحد صنعتی جهت مصرف انرژی، عموماً انرژی مصرفی بـه ازای تنـاژ محصـول مفید خروجی آن واحد بیان می‌شود. بر اساس آمار و اطلاعات موجـود مصـرف ویـژه انـرژی الکتریکـی و فسـیلی واحدهای معدن مجتمع‌های مس کشور محاسبه و نتایج حاصل در جدول۳-۳ ارائه شده است.

لازم به ذکر است، مصارف ویژه انرژی در سطر مربوط به کل با سطر مربوط به متوسط کمی متفاوت می‌باشد که علت این موضوع نحوه محاسبه این دوعدد می‌باشد. بدین صورت که عدد مربوط به ردیف متوسـط مربـوط بـه متوسط مصرف ویژه ماهیانه انرژی می‌باشد و عدد مربوط به ردیف کل از تقسیم کل انرژی مصرفی در سال به کل محتوی مس تولیدی در سال به دست می‌آید که عدد مربوط به ردیـف کـل قابـل مقایسـه بـا معیارهـای موجـود می‌باشد.

energyenergy.ir

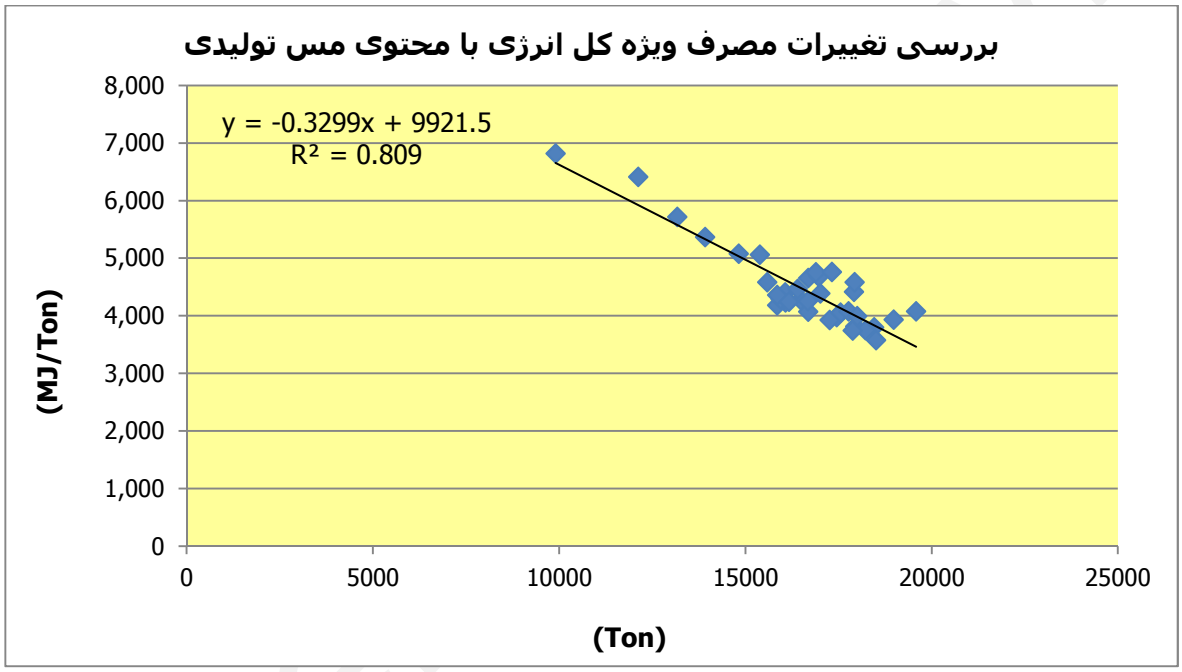
جدول۳-۳. مقایسه مصارف ویژه حرارتی، الکتریکی و کل واحدهای معدن مجتمع‌های مس کشور

ماه	مصرف ویژه انرژي فسيلي (GJ/ton)			مصرف ویژه انرژي الکتريکي (GJ/ton)			مصرف ویژه انرژي (GJ/ton)		
	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار
فروردین	3.40	6.46	9.60	0.40	0.12	0.11	3.80	6.57	9.72
اردیبهشت	3.31	5.59	9.56	0.44	0.10	0.17	3.75	5.70	9.73
خرداد	3.16	5.10	9.97	0.42	0.07	0.12	3.58	5.17	10.09
تیر	3.33	0.00	11.28	0.42	0.06	0.11	3.75	0.06	11.39
مرداد	3.78	5.22	11.90	0.46	0.01	0.10	4.24	5.22	12.00
شهریور	3.62	4.80	12.10	0.43	0.07	0.12	4.05	4.86	12.22
مهر	5.37	5.83	10.91	0.34	0.01	0.10	5.72	5.84	11.01
آبان	4.04	4.82	12.88	0.42	0.02	0.12	4.46	4.84	13.00
آذر	3.68	4.15	10.52	0.40	0.03	0.09	4.08	4.18	10.61
دي	4.20	5.20	12.28	0.46	0.03	0.11	4.65	5.23	12.39
بهمن	4.02	4.72	12.64	0.40	0.02	0.12	4.42	4.75	12.75
اسفند	4.66	5.07	13.45	0.41	0.03	0.12	5.06	5.11	13.57
متوسط	**3.88**	**5.18**	**11.42**	**0.42**	**0.05**	**0.12**	**4.30**	**4.79**	**11.54**
کل سال	**3.83**	**4.72**	**11.41**	**0.42**	**0.05**	**0.12**	**4.25**	**4.77**	**11.53**

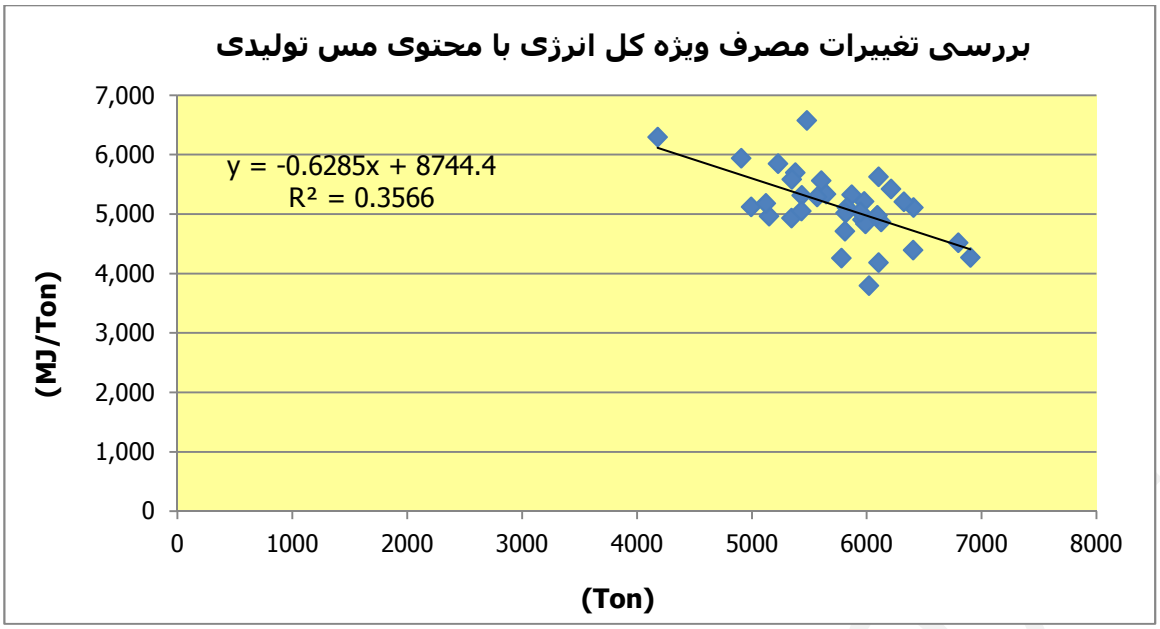
نتایج حاصل بیانگر بالا بودن مصرف ویژه انرژی معدن در مجتمع مس نمونه چهار نسبت به دو مجتمع مس دیگر است. از جمله علل تاثیر گذار، عیار مس در سنگ معدن می باشد که در مجتمع مس نمونه چهار از دو مجتمع مس دیگر کمتر و برابر 0.7 می باشد، و این درحالیست که عیار سنگ معدن سولفیدی در مجتمع مس نمونه یک حدود ۱ و مجتمع مس نمونه دو به یک می رسد.

از دیگر عوامل تاثیرگذار به ظرفیت تولید یا محتوی مس تولیدی می توان اشاره کرد که در ادامه به بررسی میزان تاثیر آن بر مصارف ویژه انرژی پرداخته می شود.

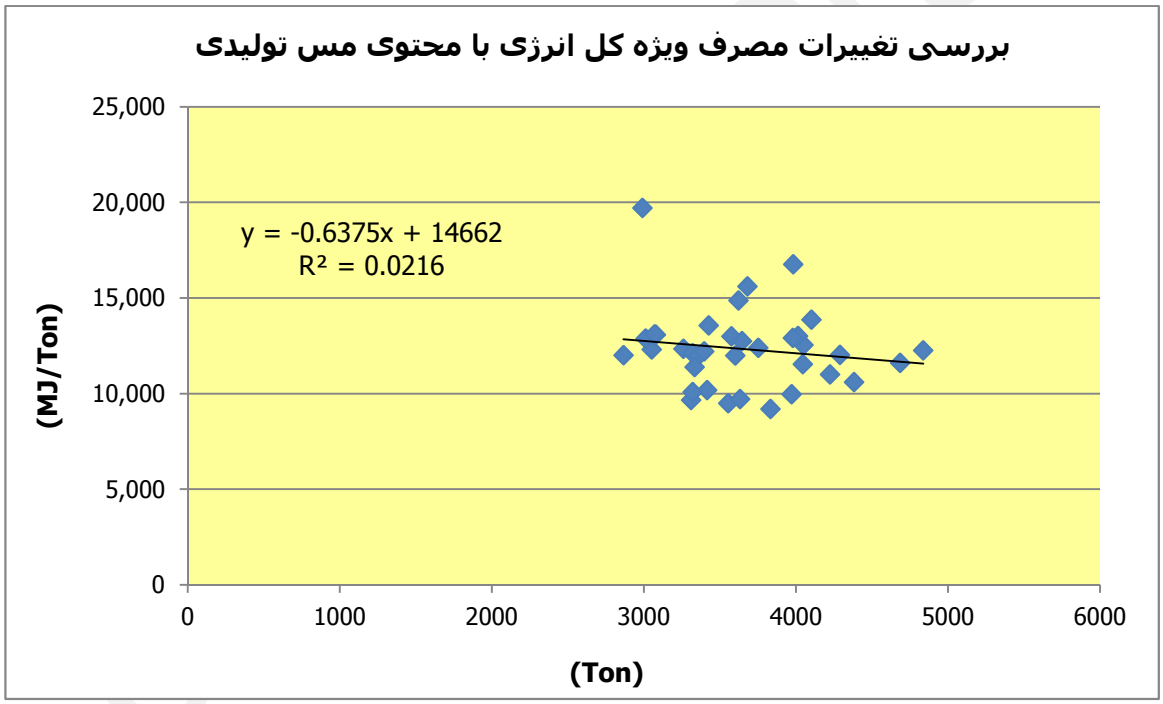
نمودارهای مربوط به مصرف ویژه انرژی واحد معدن مجتمع‌های مس کشور برحسب محتوی مس تولیدی برای سه سال متوالی در نمودارهای شکل۳-۲ تا شکل۳-۴ ارائه شده است.



شکل۳-۲. بررسی تغییرات مصرف ویژه انرژی واحد معدن مجتمع مس نمونه یک با محتوی مس تولیدی



شکل۳-۳. بررسی تغییرات مصرف ویژه انرژی واحد معدن مجتمع مس نمونه دو با محتوی مس تولیدی



شکل۳-۴. بررسی تغییرات مصرف ویژه انرژی واحد معدن مجتمع مس نمونه چهار با محتوی مس تولیدی

چنانچه انتظار می‌رود مصرف ویژه انرژی با افزایش تولید کاهش می‌یابد که دلیل آن به خاطر کـاهش مقـدار انرژی مصرفی در صورت عدم تولید(مصرف انرژی غیر مولد[1]) می‌باشد، که از نظر مقداری برابر بـا عـرض از مبـدأ خط روند[2] عبور داده شده از میزان مصرف انرژی با محتوی مس تولیدی می‌باشد.

1. *Non Productive Energy*
2. *Trend Line*

همانگونه که از نمودارهای ارائه شده نیز مشخص است با افزایش محتوی مس تولیدی مصرف ویژه انرژی کاهش یافته که این یکی از عوامل بسار تاثیر گذار بر مصرف ویژه انرژی می باشد، که در این مورد نیز ظرفیت مجتمع مس نمونه چهار از دو مجتمع دیگر پاین تر است.

یکی دیگر از مسائلی که در مصرف ویژه انرژی واحد معدن تاثیر گذار است، کیفیت خاک معدن می باشد که آن را می توان با فاکتور نسبت کانی مفید به کل استخراج تحلیل کرد.

در جدول۳-۴ مقایسه‌ای بین فاکتورهای تاثیر گذار بر مصرف ویژه انرژی واحد معدن در سه مجتمع مس مورد مطالعه صورت گرفته است.

جدول۳-۴. مقایسه‌ای بین فاکتورهای تاثیر گذار بر مصرف ویژه انرژی معدن در سه مجتمع مس مورد مطالعه

نام مجتمع	نسبت کانی مفید به کل استخراج	عیار سنگ معدن سولفیدی	متوسط محتوی مس تولیدی(*ton/month*)	مصرف ویژه انرژی(*GJ/ton*)
مس نمونه یک	58	0.9	16500	4.25
مس نمونه دو	55	1	5000	4.77
مس نمونه چهار	25	0.7	3500	11.53

۳-۲. ارائه و تحلیل آمار تولید واحد تغلیظ

۳-۲-۱. آمار مصارف انرژی واحدهای تغلیظ

در جدول۳-۶ مصارف انرژی الکتریکی و فسیلی واحد تغلیظ مجتمع‌های مس کشور به صورت ماهیانه برای یک سال به طور نمونه ارائه گردیده است.

جدول۳-۵. آمار تولید واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس کشور

ماه	کنسانتره توليدي تغليظ (Ton)			محتوي مس توليدي تغليظ (Ton)		
	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار
فروردین	54,781.00	13,302.05	11,639.30	14,555.31	4,629.39	3,715.09
اردیبهشت	55,610.63	11,987.83	12,472.05	14,775.74	3,874.74	3,884.60
خرداد	54,755.24	13,301.08	12,036.00	14,548.47	4,413.24	3,736.95
تیر	52,036.43	13,633.73	10,834.85	13,826.08	4,773.02	3,320.77
مرداد	51,549.41	12,391.78	6,654.69	13,696.68	4,009.28	1,971.76
شهریور	54,357.50	13,010.08	11,656.48	14,442.79	4,433.75	3,576.17
مهر	36,368.52	12,063.72	12,213.27	9,663.12	4,096.43	3,830.32
آبان	52,452.16	11,293.41	12,364.85	13,936.54	3,782.73	3,872.05
آذر	48,137.64	11,640.48	12,263.35	12,790.17	3,905.28	3,811.99
دي	50,796.78	13,603.33	11,137.00	13,496.70	4,351.74	3,464.84
بهمن	53,097.44	11,153.67	9,605.82	14,107.99	3,870.11	2,980.38
اسفند	42,526.80	11,069.42	10,108.12	11,299.37	3,678.15	3,136.33
متوسط	**50,539.13**	**12,370.88**	**11,082.15**	**13,428.25**	**4,151.49**	**3,441.77**
کل سال	**606,469.6**	**148,450.6**	**132,985.8**	**161,139.0**	**49,817.9**	**41,301.3**

جدول۳-۶ مقایسه مصارف حاملهای انرژی واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس کشور

ماه	انرژي فسيلي مصرفي (GJ)			انرژي الكتريكي مصرفي (GJ)			كل انرژي مصرفي (GJ)		
	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار
فروردین	47,078.08	0.00	2,217.12	146,578.69	19,486.84	70,460.64	193,656.77	19,486.84	72,677.76
اردیبهشت	31,248.07	0.00	971.55	150,225.16	19,577.59	75,207.24	181,473.23	19,577.59	76,178.79
خرداد	20,371.81	0.00	1,287.92	146,450.06	29,977.45	73,843.20	166,821.87	29,977.45	75,131.12
تیر	18,162.11	0.00	199.29	140,805.94	26,936.28	73,002.60	158,968.05	26,936.28	73,201.89
مرداد	23,086.01	0.00	1,245.57	148,377.47	27,124.20	52,970.04	171,463.48	27,124.20	54,215.61
شهریور	17,669.43	0.00	1,245.57	140,410.17	26,104.64	73,119.96	158,079.60	26,104.64	74,365.53
مهر	13,361.87	0.00	0.00	96,187.83	26,548.56	73,102.68	109,549.70	26,548.56	73,102.68
آبان	19,650.73	0.00	0.00	144,862.88	26,074.37	73,595.16	164,513.61	26,074.37	73,595.16
آذر	19,300.60	0.00	0.00	133,680.96	29,466.72	73,102.68	152,981.56	29,466.72	73,102.68
دي	30,817.53	0.00	0.00	145,584.27	31,416.48	73,871.64	176,401.80	31,416.48	73,871.64
بهمن	21,665.93	0.00	0.00	146,721.99	28,486.08	73,655.64	168,387.92	28,486.08	73,655.64
اسفند	20,241.72	0.00	0.00	119,352.35	29,466.72	73,266.84	139,594.07	29,466.72	73,266.84
متوسط	**23,554.49**	**0.00**	**1,194.50**	**138,269.81**	**26,722.16**	**71,599.86**	**161,824.31**	**26,722.16**	**72,197.11**
كل سال	**282,653.9**	**0.0**	**7,167.0**	**1,659,237.76**	**320,665.9**	**859,198.3**	**1,941,891.7**	**320,665.9**	**866,365.3**

۳-۲-۲. محاسبه و تحلیل مصرف ویژه انرژی واحد تغلیظ

همانگونه که قبلاً اشاره شد، به منظور تعیین عملکرد یک واحد صنعتی جهت مصرف انرژی، عموماً انرژی مصرفی به ازای تناژ محصول مفید خروجی آن واحد بیان می‌شود. بر اساس آمار و اطلاعات موجود مصرف ویژه انرژی الکتریکی و فسیلی واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس کشور محاسبه و نتایج حاصل در جدول۳-۷ ارائه شده است.

لازم به ذکر است، مصارف ویژه انرژی در سطر مربوط به کل با سطر مربوط به متوسط کمی متفاوت می‌باشد که علت این موضوع نحوه محاسبه این دوعدد می‌باشد. بدین صورت که عدد مربوط به ردیف متوسط مربوط به متوسط مصرف ویژه ماهیانه انرژی می‌باشد و عدد مربوط به ردیف کل از تقسیم کل انرژی مصرفی در سال به کل محتوی مس تولیدی در سال به دست می‌آید که عدد مربوط به ردیف کل قابل مقایسه با معیارهای موجود می‌باشد.

energyenergy.ir

جدول۳-۷. مقایسه مصارف ویژه حرارتی، الکتریکی و کل واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس کشور

ماه	مصرف ویژه انرژي فسيلي (GJ/ton)			مصرف ویژه انرژي الکتریکي (GJ/ton)			مصرف ویژه انرژي (GJ/ton)		
	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار
فروردین	2.55	0.00	0.61	7.94	3.56	19.40	10.50	3.56	20.01
اردیبهشت	1.72	0.00	0.29	8.24	3.64	22.72	9.96	3.64	23.01
خرداد	1.10	0.00	0.39	7.91	5.01	22.23	9.01	5.01	22.61
تیر	1.02	0.00	0.06	7.88	4.71	21.89	8.89	4.71	21.95
مرداد	1.43	0.00	0.35	9.18	4.62	14.71	10.60	4.62	15.05
شهریور	1.01	0.00	0.37	8.00	4.38	21.53	9.01	4.38	21.90
مهر	1.01	0.00	0.00	7.31	5.41	17.30	8.32	5.41	17.30
آبان	1.20	0.00	0.00	8.83	4.88	20.57	10.03	4.88	20.57
آذر	1.09	0.00	0.00	7.53	5.10	16.68	8.61	5.10	16.68
دي	1.85	0.00	0.00	8.73	5.78	19.68	10.58	5.78	19.68
بهمن	1.21	0.00	0.00	8.19	4.76	20.20	9.40	4.76	20.20
اسفند	1.32	0.00	0.00	7.76	5.75	21.38	9.07	5.75	21.38
متوسط	**1.37**	**0.00**	**0.34**	**8.12**	**4.80**	**19.86**	**9.50**	**4.80**	**20.03**
کل سال	**1.39**	**0.00**	**0.16**	**8.13**	**4.79**	**19.70**	**9.52**	**4.79**	**19.87**

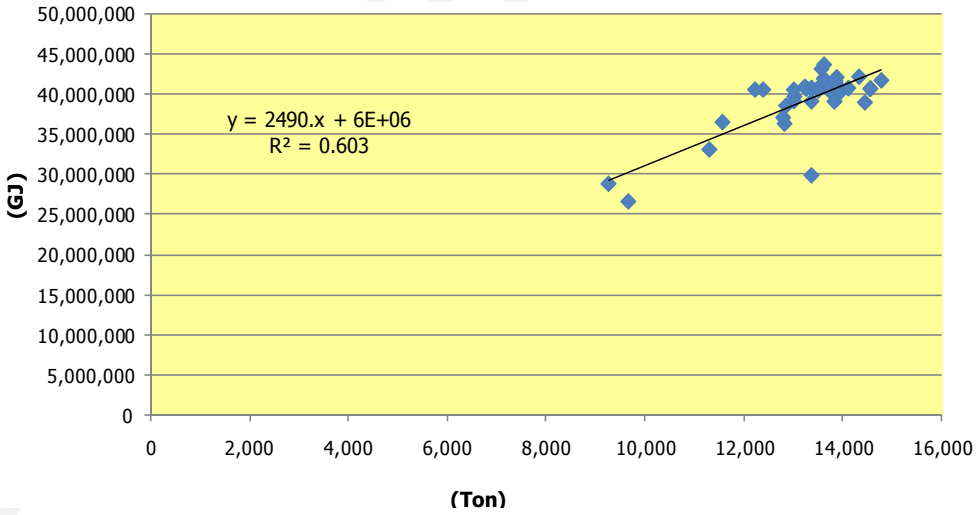
نتایج حاصل بیانگر بالا بودن مصرف ویژه انرژی تغلیظ در مجتمع مس نمونه چهار نسبت به دو مجتمع مس دیگر است. از جمله علل تاثیر گذار، عیار مس در سنگ معدن می باشد که در مجتمع مس نمونه چهار از دو مجتمع مس دیگر کمتر و برابر 0.7 می باشد، و این درحالیست که عیار سنگ معدن سولفیدی در مجتمع مس نمونه یک حدود ۱ و مجتمع مس نمونه دو به یک می رسد.

لازم به ذکر است، دو مجتمع مس نمونه یک و نمونه چهار علاوه بر جداسازی کنسانتره مس، فرایند جداسازی مولیبدن نیز وجود دارد که امکان جداسازی سهم مصرف انرژی این بخش ، به دلیل عدم وجود سیستم اندازه‌گیری مصارف انرژی، وجود ندارد. لذا یکی از عوامل موثر در بالا بردن مصرف ویژه انرژی تغلیظ این دو مجتمع نسبت به مس نمونه دو به این عامل می توان اشاره کرد.

براساس نتایج ارائه شده در مرکز منابع پژوهشی و مصرف انرژی اسپانیا(CIRCE[1]) فرایند جداسازی مولیبدن با عیار 0.5% از کنسانتره ۳۰درصدی مس حدود ۱۳۶گیگاژول بر تن مولیبدن(2.27GJ/tonCu) انرژی نیاز دارد. که با تقریب نسبتاً خوبی می توان این مقدار را از مصارف ویژه انرژی واحد تغلیظ کسر کرد.

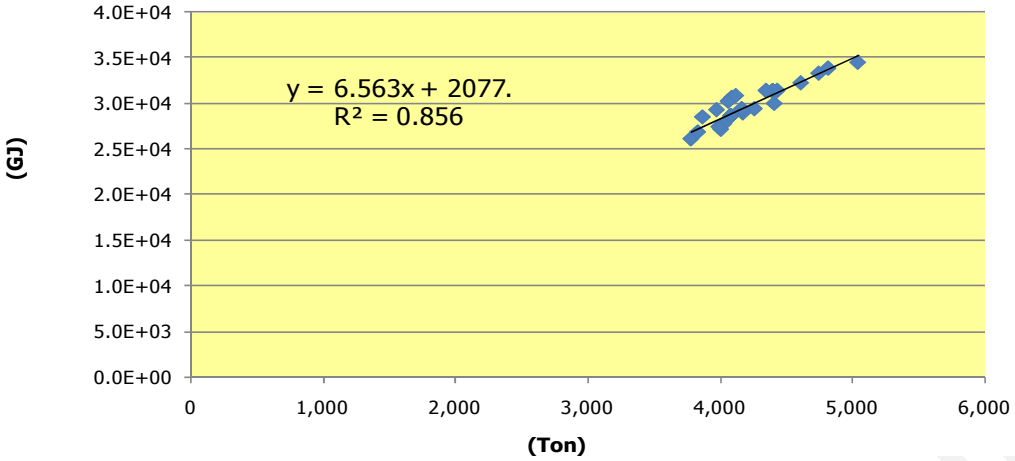
از دیگر عوامل تاثیرگذار به ظرفیت تولید یا محتوی مس تولیدی می توان اشاره کرد که در ادامه به بررسی میزان تاثیر آن بر مصارف ویژه انرژی پرداخته می شود.

نمودارهای مربوط به مصارف انرژی واحد تغلیظ مجتمع‌های مس کشور برحسب محتوی مس تولیدی برای سه سال متوالی در نمودارهای شکل۳-۵ تا شکل۳-۷ ارائه شده است.

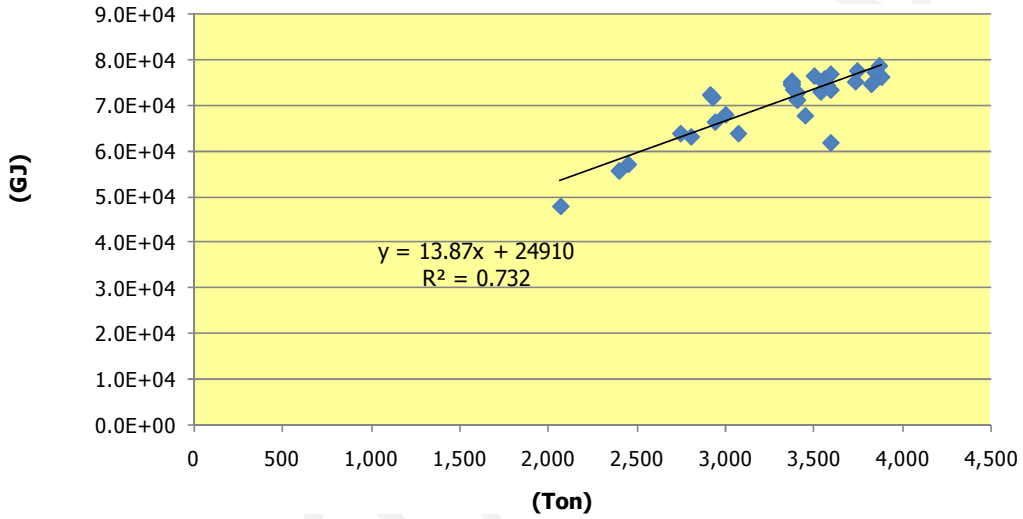


شکل۳-۵. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد تغلیظ مجتمع مس نمونه یک با محتوی مس تولیدی

[1] . *Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos*



شکل۳-۶. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد تغلیظ مجتمع مس نمونه دو با محتوی مس تولیدی



شکل۳-۷. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد تغلیظ مجتمع مس نمونه چهار با محتوی مس تولیدی

همانگونه که قبلاً اشاره شد، مصرف ویژه انرژی با افزایش تولید کاهش می‌یابد که دلیل آن به خاطر کاهش مقدار انرژی مصرفی در صورت عدم تولید(مصرف انرژی غیر مولد[1]) می‌باشد، که از نظر مقداری برابر با عرض از مبدأ خط روند[2] عبور داده شده از میزان مصرف انرژی با محتوی مس تولیدی می‌باشد.

همانگونه که از نمودارهای ارائه شده مشخص است سهم انرژی غیر مولد در واحدهای تغلیظ مجتمع های مس کشور نسبتاً بالا بوده لذا کاهش توقفات و افزایش ظرفیت تولید سهم بسزایی در کاهش مصرف ویژه انرژی در این واحدها خواهد داشت. در جدول۳-۸ مقایسه‌ای بین فاکتورهای تاثیر گذار بر مصرف ویژه انرژی واحد تغلیظ در سه مجتمع مس مورد مطالعه صورت گرفته است.

1. *Non Productive Energy*
2. *Trend Line*

جدول۳-۸. مقایسه‌ای بین فاکتورهای تاثیر گذار بر مصرف ویژه انرژی تغلیظ در سه مجتمع مس مورد مطالعه

نام مجتمع	متوسط محتوی مس تولیدی (*ton/month*)	سهم انرژی غیر مولد نسبت به انرژی مصرفی ٪	سهم مولیبدن به کنسانتره مس ٪	مصرف ویژه انرژی (*GJ/ton*)	مصرف ویژه انرژی با حذف انرژی مورد نیاز جداسازی مولیبدن (*GJ/ton*)
نمونه یک	17000	15.3	1.2	10	7.7
نمونه دو	5800	29.4	0	5	5
نمونه چهار	3600	36.1	0.3	20	17.7

بالا بودن سهم انرژی غیر مولد در مجتمع مس نمونه چهار نسبت به دو مجتمع مس دیگر، نشانگر تاثیر قابل توجه توقفات و کاهش ظرفیت تولید بر افزایش مصرف ویژه انرژی در این مجتمع می باشد.

۳-۳. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی واحد ذوب

۳-۳-۱. آمار تولید واحدهای ذوب

energyenergy.ir

جدول۳-۹. آمار تولید واحدهای ذوب مجتمع‌های مس کشور

ماه	مجتمع مس نمونه یک (Ton)		کارخانه ذوب نمونه هشت (Ton)	
	آند توليدي	محتوي مس آند	آند توليدي	محتوي مس آند
فروردین	14,554.40	14,503.46	7,877.35	7,849.78
اردیبهشت	14,013.91	13,964.86	7,962.09	7,934.23
خرداد	14,963.02	14,910.65	7,972.80	7,944.89
تیر	15,012.54	14,960.00	6,972.90	6,948.49
مرداد	14,366.31	14,316.03	7,824.32	7,796.94
شهریور	14,555.56	14,504.62	7,874.25	7,846.69
مهر	14,366.31	14,316.03	7,527.98	7,501.63
آبان	14,762.06	14,710.39	4,099.06	4,084.71
آذر	16,029.94	15,973.84	8,072.15	8,043.90
دي	16,058.20	16,002.00	7,723.57	7,696.54
بهمن	17,064.03	17,004.31	8,234.33	8,205.51
اسفند	12,159.17	12,116.61	4,134.97	4,120.50
متوسط	**14,825.45**	**14,773.57**	**7,189.65**	**7,164.48**
کل سال	**177,905.5**	**177,282.8**	**86,275.8**	**85,973.8**

۳-۳-۲. آمار مصارف انرژی واحدهای ذوب

در جدول۳-۱۰ مصارف انرژی الکتریکی و فسیلی واحد ذوب مجتمع‌های مس کشور به صورت ماهیانه برای یک سال به طور نمونه ارائه گردیده است.

۳-۳-۱. محاسبه و تحلیل مصرف ویژه انرژی واحد ذوب

بر اساس آمار و اطلاعات موجود، مصارف ویژه انرژی الکتریکی و فسیلی واحدهای ذوب مجتمع‌های مس کشور محاسبه و نتایج حاصل در جدول۳-۱۱ ارائه شده است.

لازم به ذکر است، مصارف ویژه انرژی در سطر مربوط به کل با سطر مربوط به متوسط کمی متفاوت می‌باشد که علت این موضوع نحوه محاسبه این دوعدد می‌باشد. بدین صورت که عدد مربوط به ردیف متوسط مربوط به متوسط مصرف ویژه ماهیانه انرژی می‌باشد و عدد مربوط به ردیف کل از تقسیم کل انرژی مصرفی در سال به کل محتوی مس تولیدی در سال به دست می‌آید که عدد مربوط به ردیف کل قابل مقایسه با معیارهای موجود می‌باشد.

energyenergy.ir

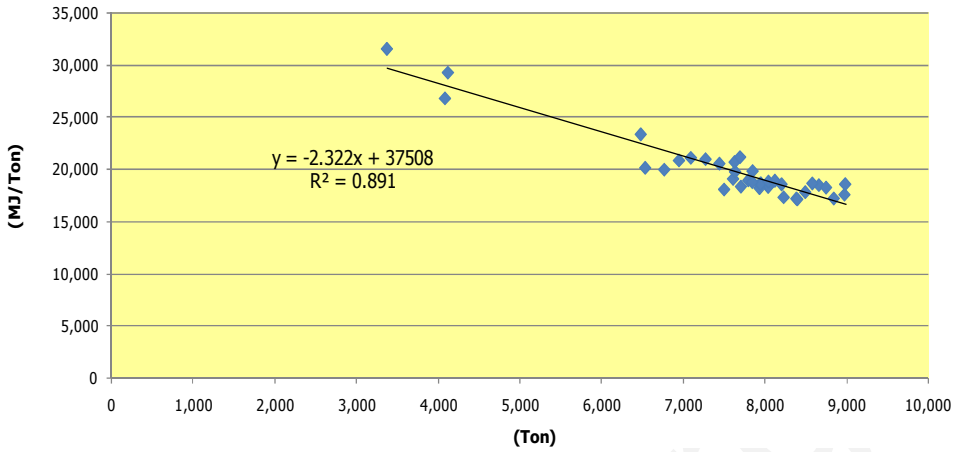
جدول۳-۱۰. آمار مصارف انرژی واحدهای ذوب مجتمع‌های مس کشور

ماه	انرژي فسيلي مصرفي (GJ)		انرژي الكتريكي مصرفي (GJ)		كل انرژي مصرفي (GJ)	
	نمونه یک	نمونه هشت	نمونه یک	نمونه هشت	نمونه یک	نمونه هشت
فروردین	283,595.57	130,936.63	20,903.80	25,027.20	308,622.77	155,963.83
اردیبهشت	277,256.81	119,810.18	19,511.23	24,876.00	302,132.81	144,686.18
خرداد	282,585.01	123,854.28	18,616.01	24,210.00	306,795.01	148,064.28
تیر	272,577.75	121,614.67	18,963.48	23,443.20	296,020.95	145,057.87
مرداد	233,812.16	122,916.24	17,065.85	25,106.40	258,918.56	148,022.64
شهریور	263,072.95	122,820.18	19,971.34	24,786.00	287,858.95	147,606.18
مهر	242,939.45	111,938.90	19,534.12	23,832.00	266,771.45	135,770.90
آبان	254,202.47	89,499.55	19,698.95	20,088.00	274,290.47	109,587.55
آذر	268,366.51	127,930.69	20,290.92	23,774.40	292,140.91	151,705.09
دي	268,701.62	138,670.99	19,877.58	24,483.60	293,185.22	163,154.59
بهمن	285,843.23	128,173.68	20,292.51	24,447.60	310,290.83	152,621.28
اسفند	268,320.99	102,347.91	19,614.57	18,360.00	286,680.99	120,707.91
متوسط	**266,772.88**	**120,042.82**	**19,528.36**	**23,536.20**	**290,309.08**	**143,579.02**
کل سال	**3,201,274.5**	**1,440,513.9**	**234,340.4**	**282,434.4**	**3,483,708.9**	**1,722,948.3**

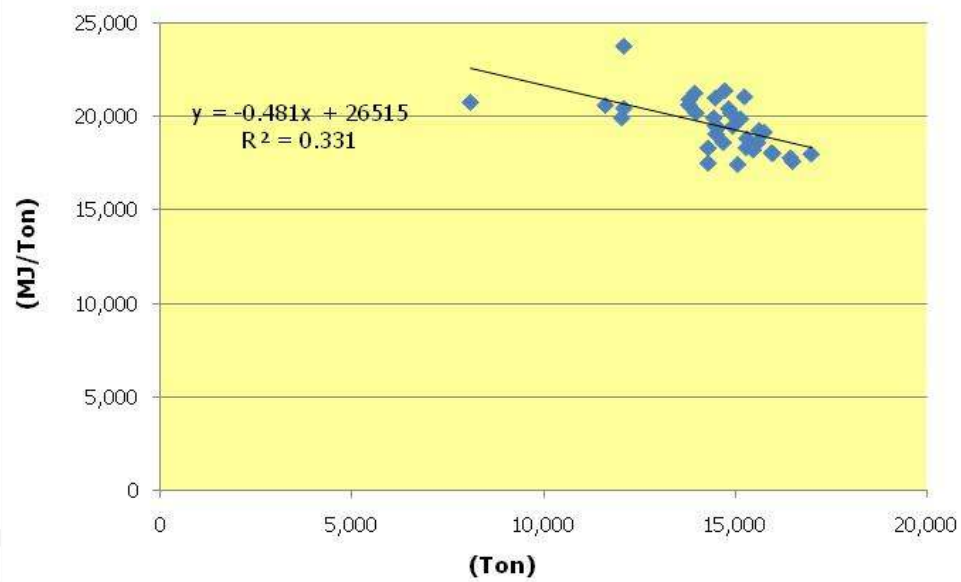
جدول۳-۱۱. مصارف ویژه انرژی واحدهای ذوب مجتمع‌های مس کشور

ماه	محتوي مس توليدي (ton)		مصرف ويژه انرژي فسيلي (GJ/ton)		مصرف ويژه انرژي الكتريكي (GJ/ton)		مصرف ويژه انرژي (GJ/ton)	
	نمونه يک	نمونه هشت	نمونه يک	نمونه هشت	نمونه يک	نمونه هشت	نمونه يک	نمونه هشت
فروردين	14,503.46	7,849.78	19.55	16.68	1.44	3.19	21.28	19.87
ارديبهشت	13,964.86	7,934.23	19.85	15.10	1.40	3.14	21.64	18.24
خرداد	14,910.65	7,944.89	18.95	15.59	1.25	3.05	20.58	18.64
تير	14,960.00	6,948.49	18.22	17.50	1.27	3.37	19.79	20.88
مرداد	14,316.03	7,796.94	16.33	15.76	1.19	3.22	18.09	18.98
شهريور	14,504.62	7,846.69	18.14	15.65	1.38	3.16	19.85	18.81
مهر	14,316.03	7,501.63	16.97	14.92	1.36	3.18	18.63	18.10
آبان	14,710.39	4,084.71	17.28	21.91	1.34	4.92	18.65	26.83
آذر	15,973.84	8,043.90	16.80	15.90	1.27	2.96	18.29	18.86
دي	16,002.00	7,696.54	16.79	18.02	1.24	3.18	18.32	21.20
بهمن	17,004.31	8,205.51	16.81	15.62	1.19	2.98	18.25	18.60
اسفند	12,116.61	4,120.50	22.14	24.84	1.62	4.46	23.66	29.29
متوسط	**14,773.57**	**7,164.48**	**18.15**	**17.29**	**1.33**	**3.40**	**19.75**	**20.69**
كل سال	**177,282.8**	**85,973.8**	**18.06**	**16.76**	**1.32**	**3.29**	**19.65**	**20.04**

برای بررسی ارتباط مصرف ویژه انرژی با میزان محتوی مس تولیدی در واحدهای ذوب کشور، تغییرات مصرف ویژه انرژی با محتوی مس تولیدی در این واحدهای ذوب نمونه یک و نمونه هشت برای سه سال متوالی در نمودارهای شکل۳-۸ تا شکل۳-۹ نمایش داده شده است.



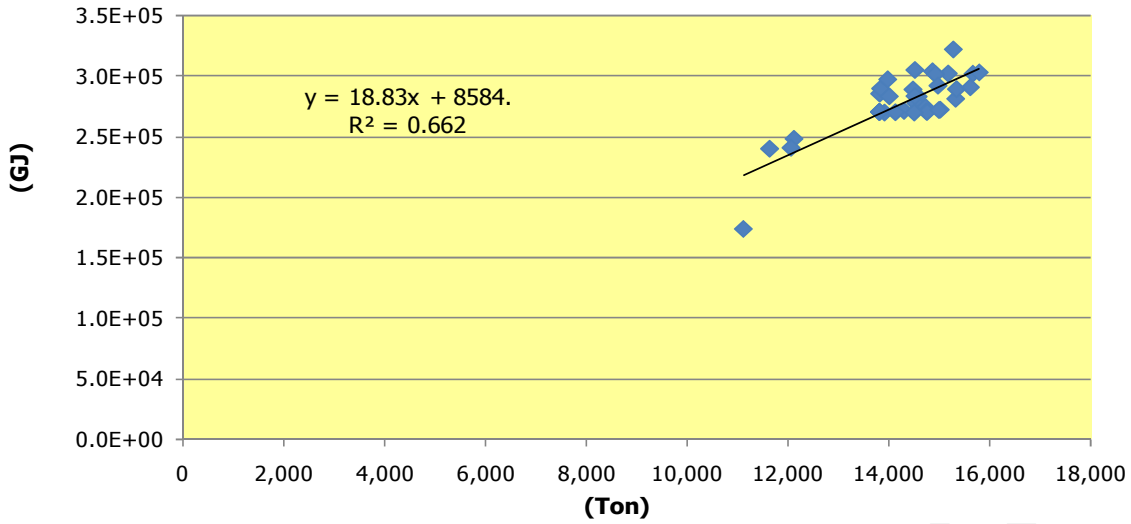
شکل۳-۸. تغییرات مصرف ویژه انرژی با محتوی مس تولیدی واحد ذوب نمونه هشت طی سه سال متوالی



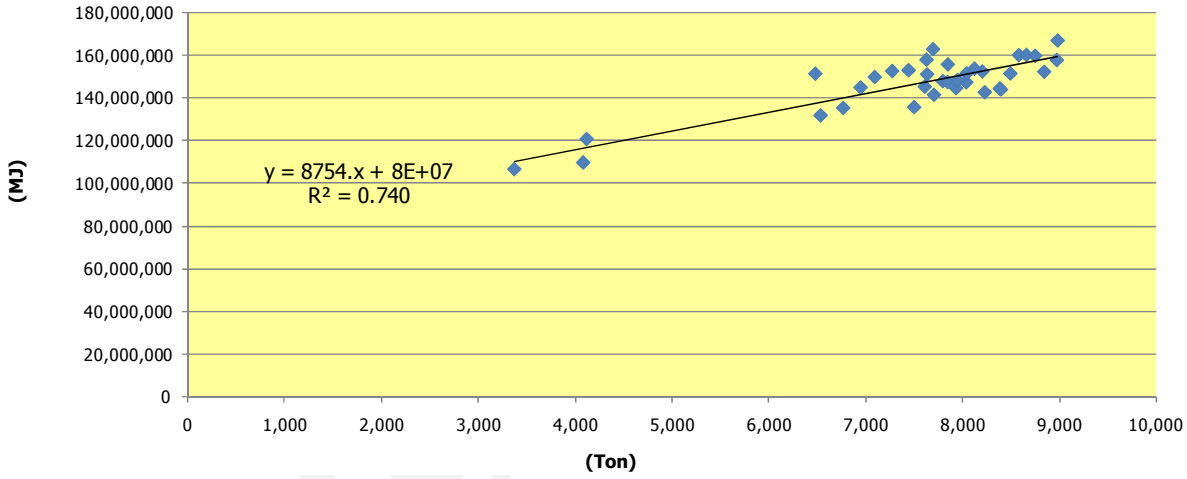
شکل۳-۹. تغییرات مصرف ویژه کل انرژی با محتوی مس تولیدی واحد ذوب نمونه یک طی سه سال متوالی

چنانچه انتظار می‌رود مصرف ویژه انرژی با افزایش تولید کاهش می‌یابد، لذا خط روند عبور داده شده دارای شیب منفی می‌باشد.

برای بررسی ارتباط مصارف انرژی با محتوی مس تولیدی در واحدهای ذوب کشور، نمودار تغییرات مصارف انرژی واحد ذوب مجتمع مس نمونه یک طی سه سال متوالی با محتوی مس تولیدی در این واحد در نمودار شکل۳-۱۰ و برای نمونه هشت در نمودار شکل۳-۱۱ ارائه شده است.



شکل۳-۱۰. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد ذوب نمونه یک با محتوی مس تولیدی



شکل۳-۱۱. بررسی تغییرات مصرف انرژی واحد ذوب نمونه هشت با محتوی مس تولیدی

چنانچه انتظار می‌رود مصرف انرژی با افزایش تولید افزایش می‌یابد. همانگونه که قبلاً اشاره شد، مقدار مصرف انرژی غیر مولد در صورت عدم تولید برابر با عرض از مبدأ خط روند عبوری از نقاط نمودار می‌باشد و شیب خط روند عبوری برابر با مصرف ویژه انرژی واحد مربوطه می‌باشد.

۳-۴. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی پالایشگاه

آمارماهیانه تولید کاتد، مصارف انرژی در پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک برای سه سال متوالی به ترتیب در جدول۳-۱۲ ارائه شده است.

آمار ماهیانه مصارف ویژه انرژی به همراه محتوی مس تولیدی در پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک برای یک سال در جدول۳-۱۳ ارائه شده است.

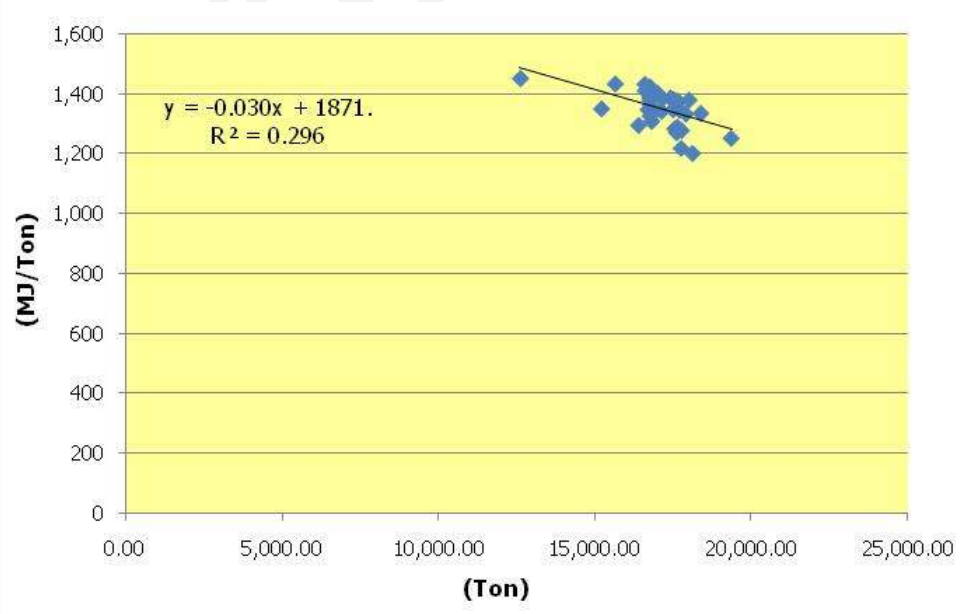
جدول۳-۱۲. آمار ماهیانه تولید و انرژیهای مصرفی پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک

ماه	کاتد تولیدی		محتوی مس	گاز طبیعی مصرفی		گازوئیل مصرفی		برق مصرفی	آب مصرفی	انرژی فسیلی مصرفی
	مقدار (Ton)	عیار (٪)	Ton	NCM	GJ	Lit	GJ	KWh	m^3	GJ
فروردین	17,002.1	99.99	17,000.43	11,157.0	419.15	500.0	12.46	6,636,180.00	431.60	11,488.55
اردیبهشت	16,760.6	99.99	16,758.94	10,560.0	396.72	750.0	18.68	6,437,980.00	415.40	11,057.33
خرداد	16,780.8	99.99	16,779.07	8,507.0	319.59	170.0	4.23	6,585,228.33	323.83	8,619.73
تیر	16,780.2	99.99	16,778.51	7,438.0	279.43	430.0	10.71	6,362,903.33	290.14	7,723.13
مرداد	16,770.4	99.99	16,768.73	6,983.0	262.34	0.0	0.00	6,183,623.33	262.34	6,983.00
شهریور	16,769.5	99.99	16,767.85	8,030.0	301.67	100.0	2.49	6,642,030.00	304.16	8,096.31
مهر	16,760.9	99.99	16,759.20	8,989.0	337.70	100.0	2.49	6,474,615.00	340.19	9,055.31
آبان	16,605.2	99.99	16,603.49	9,856.0	370.27	3,500.0	87.19	6,616,396.67	457.46	12,176.85
آذر	17,141.8	99.99	17,140.05	11,001.0	413.29	5,000.0	124.56	6,396,982.50	537.84	14,316.50
دی	17,505.5	99.99	17,503.78	11,661.0	438.08	200.0	4.98	6,557,358.33	443.06	11,793.62
بهمن	17,520.8	99.99	17,519.00	11,048.0	415.05	200.0	4.98	6,727,253.33	420.04	11,180.62
اسفند	16,612.7	99.99	16,611.08	10,810.0	406.11	0.0	0.00	6,521,013.33	406.11	10,810.00
متوسط	**16,917.54**	**99.99**	**16,915.84**	**9,670.00**	**363.28**	**1,095.00**	**27.28**	**6,511,797.01**	**386.02**	**10,275.08**
کل سال	**203,010.4**	**---**	**202,990.1**	**116,040.0**	**4,359.4**	**10,950.0**	**272.8**	**78,141,564.2**	**4,632.2**	**123,301.0**

جدول۳-۱۳. آمار ماهیانه مصارف ویژه انرژی پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک

ماه	محتوی مس	مصرف ویژه انرژی حرارتی	مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی
	Ton	MJ/Ton	KWh/Ton	MJ/Ton	MJ/Ton
فروردین	17,000.43	25.39	390.35	1,405.27	1,430.66
اردیبهشت	16,758.94	24.79	384.15	1,382.95	1,407.73
خرداد	16,779.07	19.30	392.47	1,412.88	1,432.18
تیر	16,778.51	17.29	379.23	1,365.23	1,382.52
مرداد	16,768.73	15.64	368.76	1,327.53	1,343.18
شهریور	16,767.85	18.14	396.12	1,426.02	1,444.16
مهر	16,759.20	20.30	386.33	1,390.79	1,411.09
آبان	16,603.49	27.55	398.49	1,434.58	1,462.13
آذر	17,140.05	31.38	373.22	1,343.59	1,374.97
دی	17,503.78	25.31	374.63	1,348.65	1,373.96
بهمن	17,519.00	23.98	384.00	1,382.39	1,406.37
اسفند	16,611.08	24.45	392.57	1,413.25	1,437.70
متوسط	**16,915.84**	**22.79**	**385.03**	**1,386.09**	**1,408.89**
کل سال	**202,990.1**	**22.82**	**384.95**	**1,385.83**	**1,408.65**

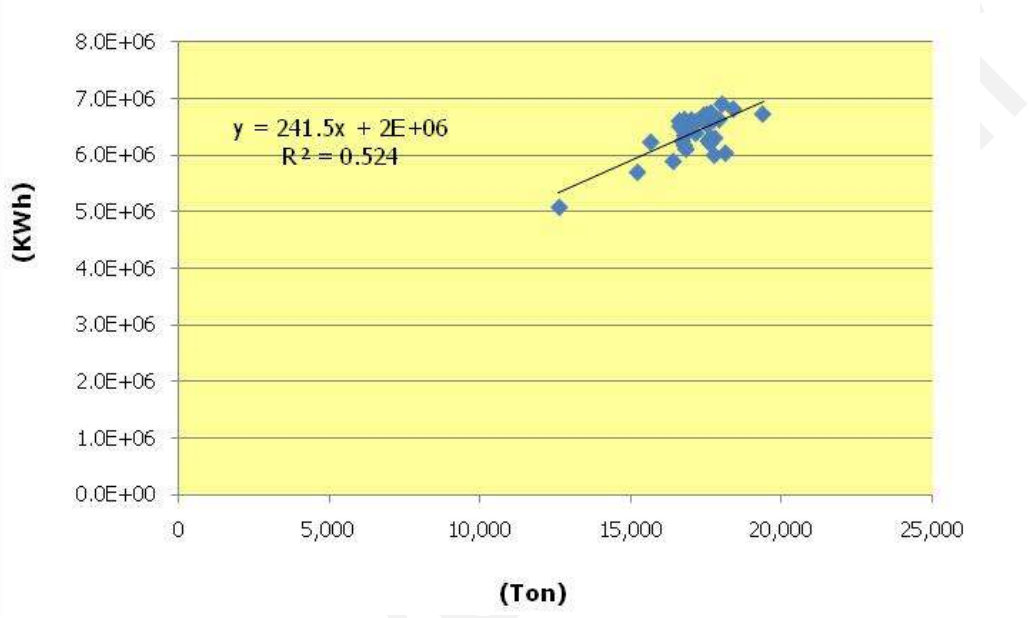
برای بررسی ارتباط مصرف ویژه انرژی الکتریکی با میزان کاتد تولید در پالایشگاه مس نمونه یک، تغییرات مصرف ویژه انرژی الکتریکی با میزان تولید کاتد در این واحد برای سه سال متوالی درنمودار شکل۳-۱۲ نمایش داده شده است.



شکل۳-۱۲. تغییرات مصرف ویژه انرژی الکتریکی با محتوی مس کاتد تولیدی پالایشگاه مجتمع طی سه سال متوالی

چنانچه انتظار می‌رود مصرف ویژه انرژی با افزایش تولید کاهش می‌یابد، لذا خط روند عبور داده شده دارای شیب منفی می‌باشد.

برای بررسی ارتباط مصرف انرژی با میزان تولید کاتد در پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک، نمودار تغییرات مصارف انرژی الکتریکی پالایشگاه مجتمع مس نمونه یک را طی سه سال متوالی با میزان کاتد تولیدی در این واحد در شکل۳-۱۳ رسم شده است.



شکل۳-۱۳. تغییرات مصرف انرژی الکتریکی پالایشگاه با محتوی مس تولیدی این واحد طی سه سال متوالی

چنانچه انتظار می‌رود مصرف انرژی با افزایش تولید افزایش می‌یابد. براساس نمودار ارائه شده و معادله خط روند عبوری از نقاط، انرژی غیر مولد و مصرف ویژه انرژی الکتریکی این واحد مشخص می‌شود.

۳-۵. ارائه و تحلیل آمار تولید و مصارف انرژی لیچینگ

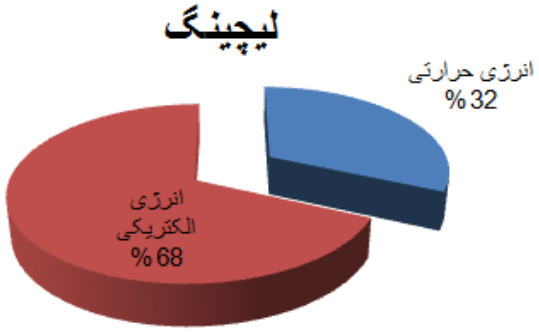
آمارماهیانه تولید کاتد و مصارف انرژی در واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک برای سه سال متوالی به ترتیب در جدول۳-۱۴ ارائه شده است.

آمار ماهیانه مصارف ویژه انرژی به همراه محتوی مس تولیدی در واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک برای یک سال در جدول۳-۱۵ ارائه شده است.

جدول۳-۱۴. آمار ماهیانه تولید و انرژیهای مصرفی لیچینگ مجتمع مس نمونه یک

ماه	کاتد تولیدي		محتوي مس	گاز طبيعي مصرفي		گازوئيل مصرفي		برق مصرفي	انرژي فسيلي مصرفي
	مقدار (Ton)	عيار (%)	Ton	NCM	GJ	Lit	GJ	KWh	GJ
فروردين	555.8	99.99	555.70	43,053.0	1,617.42	0.0	0.00	2,211,294.0	1,617.42
ارديبهشت	543.8	99.99	543.78	25,787.0	968.77	0.0	0.00	2,319,863.0	968.77
خرداد	559.8	99.99	559.72	21,694.0	815.00	0.0	0.00	2,401,467.0	815.00
تير	632.7	99.99	632.66	14,286.0	536.70	0.0	0.00	2,384,348.0	536.70
مرداد	642.3	99.99	642.20	14,286.0	536.70	0.0	0.00	2,347,769.0	536.70
شهريور	622.6	99.99	622.56	21,694.0	815.00	0.0	0.00	2,258,848.0	815.00
مهر	628.0	99.99	627.98	25,787.0	968.77	0.0	0.00	2,242,584.0	968.77
آبان	625.3	99.99	625.25	43,053.0	1,617.42	0.0	0.00	2,307,011.0	1,617.42
آذر	545.7	99.99	545.64	703,816.0	26,441.07	28,000.0	697.52	2,244,402.0	27,138.59
دي	571.6	99.99	571.51	102,448.0	3,848.78	0.0	0.00	2,288,680.0	3,848.78
بهمن	573.8	99.99	573.72	103,852.0	3,901.53	0.0	0.00	2,234,985.0	3,901.53
اسفند	542.1	99.99	542.07	73,816.0	2,773.13	0.0	0.00	2,038,843.0	2,773.13
متوسط	**586.96**	**99.99**	**586.90**	**99,464.33**	**3,736.69**	**28,000.00**	**697.52**	**2,273,341.17**	**3,794.82**
كل سال	**7,043.5**	**---**	**7,042.8**	**1,193,572.0**	**44,840.3**	**28,000.0**	**697.5**	**27,280,094.0**	**45,537.8**

درشکل۳-۱۴ سهم مصرف انرژی فسیلی و انرژی الکتریکی در واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک آورده شده است.

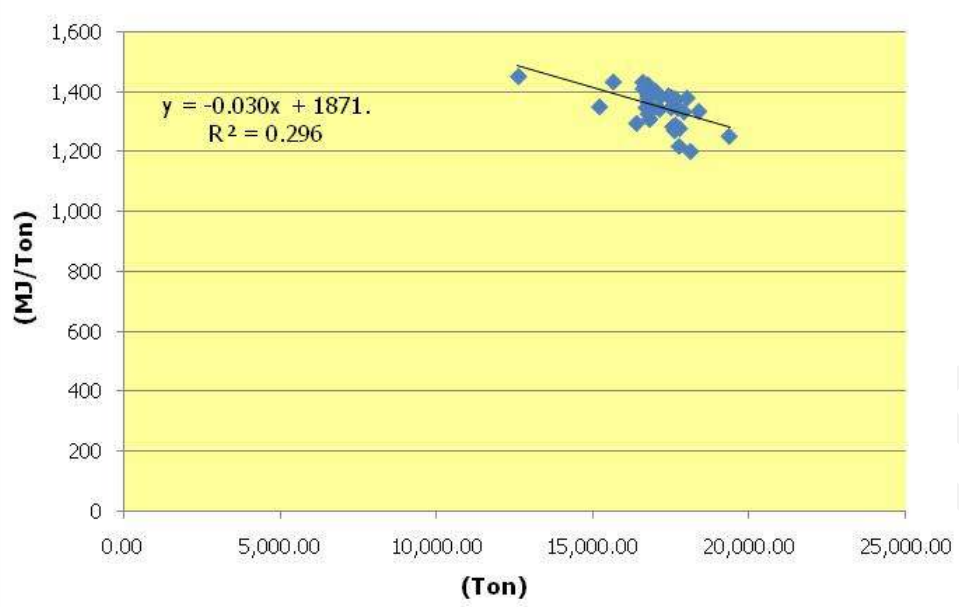


شکل۳-۱۴. سهم انرژی فسیلی و انرژی الکتریکی در واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک

جدول۳-۱۵. آمار ماهیانه مصارف ویژه انرژی واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک

ماه	محتوي مس	مصرف ويژه انرژي حرارتي	مصرف ويژه انرژي الكتريكي		مصرف ويژه كل انرژي
	Ton	MJ/Ton	KWh/Ton	MJ/Ton	MJ/Ton
فروردين	555.70	2,910.60	3,979.28	14,325.42	17,236.02
ارديبهشت	543.78	1,781.56	4,266.20	15,358.31	17,139.87
خرداد	559.72	1,456.10	4,290.51	15,445.83	16,901.94
تير	632.66	848.33	3,768.79	13,567.63	14,415.96
مرداد	642.20	835.72	3,655.83	13,160.98	13,996.71
شهريور	622.56	1,309.12	3,628.33	13,062.01	14,371.13
مهر	627.98	1,542.67	3,571.10	12,855.96	14,398.64
آبان	625.25	2,586.84	3,689.74	13,283.08	15,869.92
آذر	545.64	49,736.95	4,113.32	14,807.95	64,544.90
دي	571.51	6,734.45	4,004.64	14,416.71	21,151.16
بهمن	573.72	6,800.39	3,895.59	14,024.13	20,824.51
اسفند	542.07	5,115.79	3,761.20	13,540.31	18,656.10
متوسط	**586.90**	**6,804.88**	**3,885.38**	**13,987.36**	**20,792.24**
كل سال	**7,042.8**	**6,465.88**	**3,873.48**	**13,944.54**	**20,410.42**

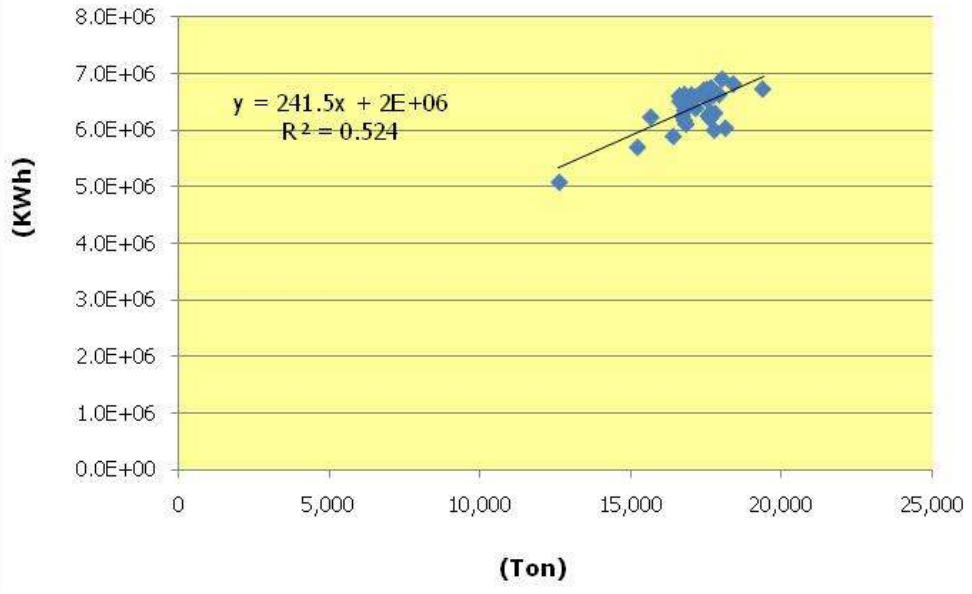
برای بررسی ارتباط مصرف ویژه انرژی الکتریکی با میزان کاتد تولید در واحد لیچینگ مس نمونه یک، تغییرات مصرف ویژه انرژی الکتریکی با میزان تولید کاتد در این واحد برای سه سال متوالی درنمودار شکل۳-۱۵ نمایش داده شده است.



شکل۳-۱۵. تغییرات مصرف ویژه انرژی الکتریکی با محتوی مس کاتد تولیدی در واحد لیچینگ نمونه یک طی سه سال متوالی

چنانچه انتظار می‌رود مصرف ویژه انرژی با افزایش تولید کاهش می‌یابد، لذا خط روند عبور داده شده دارای شیب منفی می‌باشد.

برای بررسی ارتباط مصرف انرژی با میزان تولید کاتد در واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک، نمودار تغییرات مصارف انرژی الکتریکی واحد لیچینگ مجتمع مس نمونه یک را طی سه سال متوالی با میزان کاتد تولیدی در این واحددر شکل۳-۱۶ رسم شده است.



شکل۳-۱۶. تغییرات مصرف انرژی الکتریکی پالایشگاه با محتوی مس تولیدی این واحد طی سه سال متوالی

چنانچه انتظار می‌رود مصرف انرژی با افزایش تولید افزایش می‌یابد. براساس نمودار ارائه شده و معادله خط روند عبوری از نقاط، انرژی غیر مولد و مصرف ویژه انرژی الکتریکی این واحد مشخص می‌شود.

۳-۶. ارائه و تحلیل آمار و اطلاعات مربوط به کل مجتمع مس نمونه یک

همانگونه که قبلا به تفصیل شرح داده شده است، در مجتمع مس نمونه یک پس از استخراج سنگ معدن آن را خرد و نرم کرده و طی فرآیند فلوتاسیون جداسازی کانیهای مس‌دار از گانگ (باطله) صورت می‌گیرد. پس از این مرحله، جداسازی مولیبدن نیز طی فرآیند فلوتاسیون دیگری انجام می‌شود. کنسانتره مس فیلتر و خشک شده و سپس مراحل ذوب و پالایش روی آن انجام می‌شود و در نهایت مس کاتد با عیار ۹۹/۹۹۹ درصد به مفتول، اسلب و بیلت تبدیل می‌شود. مجتمع مس نمونه یک دارای دو نیروگاه گازی و حرارتی نیز است. که نیروگاه حرارتی آن از بازیافت حرارت کوره های ریورب تامین انرژی می کند.

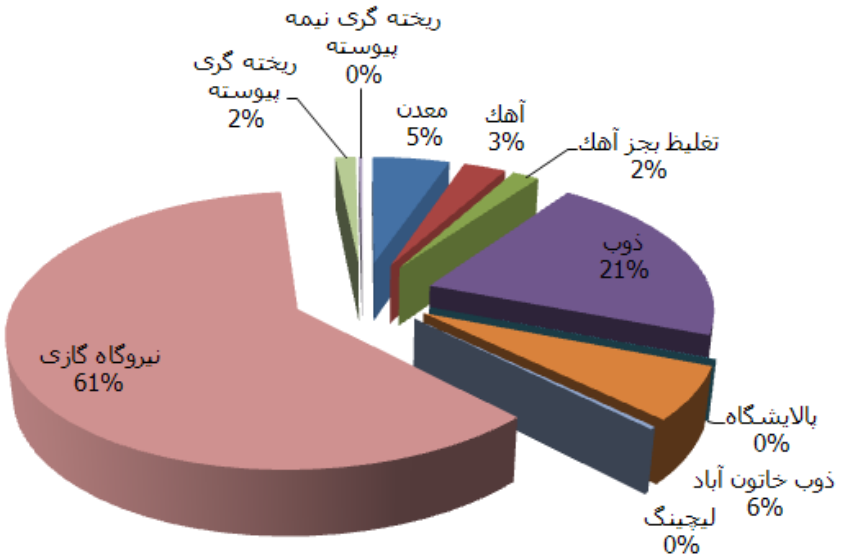
لذا در این قسمت سهم تولیدات و مصارف انرژی واحدهای مختلف این مجتمع مس جداگانه ارائه خواهد شد. آمار تولید، مصرف گازطبیعی، مصرف سوخت مایع، انرژی فسیلی و انرژی الکتریکی مصرفی واحدهای مختلف مس نمونه یک برای یک سال به طور نمونه در جدول۳-۱۶ ارائه شده است.

energyenergy.ir

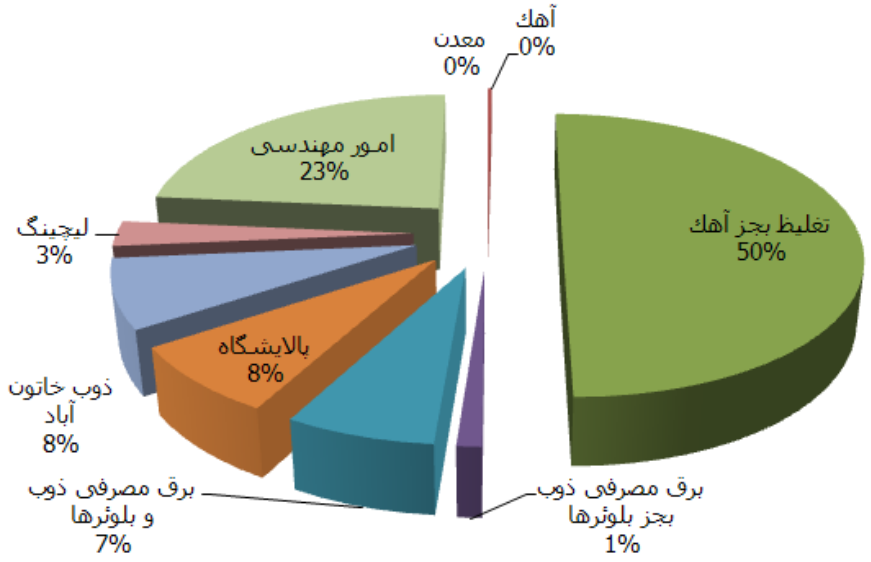
جدول۳-۱۶. آمار تولید واحدهای مختلف مس نمونه یک

ماه	کل استخراج	کنسانتره خشک	خوراک خشک ورودی	آند تولیدی ذوب	کاتد تولیدی پالایشگاه	آند تولیدی نمونه هشت	کاتد تولیدی لیچینگ	برق تولیدی	کل کاتد تولیدی
	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	MWh	Ton
فروردین	2,070,128.0	54,781.0	0.00	14,554.4	17,002.1	0.00	555.8	66,626.6	17,557.9
اردیبهشت	2,059,472.0	55,610.6	0.00	14,013.9	16,760.6	0.00	543.8	58,008.6	17,304.4
خرداد	2,051,325.0	54,755.2	0.00	14,963.0	16,780.8	0.00	559.8	58,880.3	17,340.5
تیر	1,998,075.0	52,036.4	0.00	15,012.5	16,780.2	0.00	632.7	55,812.6	17,412.9
مرداد	1,812,796.0	51,549.4	0.00	14,366.3	16,770.4	0.00	642.3	57,170.0	17,412.7
شهریور	2,036,900.0	54,357.5	0.00	14,555.6	16,769.5	0.00	622.6	59,601.2	17,392.1
مهر	1,616,584.0	36,368.5	0.00	14,366.3	16,760.9	0.00	628.0	54,340.3	17,388.9
آبان	1,870,830.0	52,452.2	0.00	14,762.1	16,605.2	0.00	625.3	54,729.8	17,230.5
آذر	2,137,953.0	48,137.6	0.00	16,029.9	17,141.8	0.00	545.7	55,979.6	17,687.5
دی	1,978,013.0	50,796.8	0.00	16,058.2	17,505.5	0.00	571.6	56,551.7	18,077.1
بهمن	2,070,333.0	53,097.4	0.00	17,064.0	17,520.8	0.00	573.8	56,190.6	18,094.5
اسفند	1,935,796.0	42,526.8	0.00	12,159.2	16,612.7	0.00	542.1	52,502.3	17,154.9
متوسط	**1,969,850.42**	**50,539.13**	**0.00**	**14,825.45**	**16,917.54**	**0.00**	**586.96**	**57,199.48**	**17,504.49**
کل سال	**23,638,205.0**	**606,469.6**	**0.0**	**177,905.5**	**203,010.4**	**0.0**	**7,043.5**	**686,393.7**	**210,053.9**

سهم مصرف انرژی فسیلی واحدهای مجتمع نیز در نمودار دایره‌های شکل۳-۱۷ نشان داده شده است و سهم مصرف انرژی الکتریکی واحدهای مجتمع نیز در شکل۳-۱۸ نمایش داده شده است.

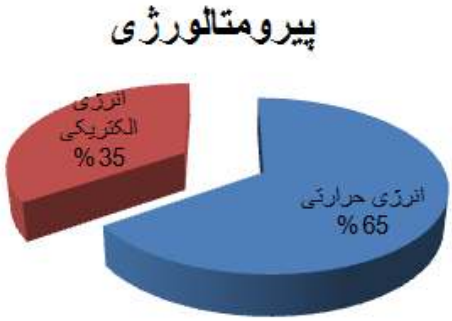


شکل۳-۱۷. سهم مصرف انرژی فسیلی واحدهای مجتمع مس نمونه یک



شکل۳-۱۸. سهم مصرف انرژی الکتریکی واحدهای مجتمع مس نمونه یک

در شکل۳-۱۹ سهم انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در فرایند تولید مس به روش پیرومتالورژی در کشور آورده شده است.



شکل۳-۱۹. سهم انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در واحد پالایش مجتمع مس نمونه یک

با توجه به اینکه مس تولیدی بیشتر به صورت فرایند پیرومتالورژی می باشد و با توجه به شکل۳-۱۹ می توان نتیجه گرفت انرژی مصرفی در تولید مس بیشتر به صورت انرژی حرارتی می باشد.

۳-۷. جمع بندی اطلاعات مربوط به مصرف انرژی و ارائه شاخصهای مصارف انرژی در مراحل تولید مس در کشور

در این بند از گزارش میزان مصرف انرژی به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی برای مجتمع های مس کشور در مراحل مختلف تولید مس وهمچنین جمع‌بندی مصرف انرژی به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در واحدهای مختلف تولید مس در مجتمع های مس کشور در جدول۳-۱۷ و کل مصرف انرژی در صنعت مس کشور در جدول۳-۱۸ ارائه گردیده است.

و با توجه به آمار تولید مس در مراحل مختلف تولید در صنایع مس کشور، مصارف ویژه انرژی مشخص می گردد که در این بخش از گزارش جمع‌بندی مصارف ویژه انرژی در صنایع مس کشور صورت گرفته است که در جدول۳-۱۹ و جدول۳-۲۰ ارائه شده است

جدول۳-۱۷. جمع‌بندی مصرف انرژی به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در واحدهای مختلف تولید مس در مجتمع های مس کشور

مجتمع	مصرف انرژی معدن		مصرف انرژی تغلیظ		مصرف انرژی ذوب		مصرف انرژی پالایش		مصرف انرژی پیرومتالورژی		مصرف انرژی هیدرومتالورژی	
	انرژی حرارتی	انرژی الکتریکی	انرژی حرارتی	انرژی الکتریکی	انرژی حرارتی	انرژی الکتریکی	انرژی حرارتی	انرژی الکتریکی	انرژی حرارتی	انرژی الکتریکی	انرژی حرارتی	انرژی الکتریکی
	GJ	kWh	GJ	kWh	GJ	kWh	GJ	kWh	GJ	kWh	GJ	kWh
نمونه یک	**781,699.49**	**23631243.9**	**282,653.90**	**460,899,746.50**	**3,201,274.51**	**65,094,596.52**	**4,632.19**	**281,309.63**	**4,270,260.1**	**627,767,213.3**	**45,537.82**	**27,280,116.27**
نمونه دو	**316,074.11**	**891,100.71**	**0**	**89,073,940.70**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
نمونه چهار	**497,730.97**	**1,405,462.24**	**7,167.03**	**238,666,390.93**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
نمونه هشت	**-**	**-**	**-**	**-**	**1,440,513.89**	**78,454,062.76**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
ایران	**1,595,504.58**	**25,927,806.85**	**289,820.93**	**788,640,078.13**	**4,641,788.40**	**143,548,659.28**	**4,632.19**	**281,309.63**	**4,270,260.1**	**627,767,213.3**	**45,537.82**	**27,280,116.27**

جدول۳-۱۸. جمع‌بندی مصرف انرژی در واحدهای مختلف تولید مس در مجتمع های مس کشور

مجتمع	مصرف انرژی معدن	مصرف انرژی تغلیظ	مصرف انرژی ذوب	صرف انرژی پالایش	مصرف انرژی پیرومتالورژی	مصرف انرژی هیدرومتالورژی
	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ
نمونه یک	866,771.90	1,941,891.66	3,435,614.87	5,644.90	6,530,220.25	143,746.16
نمونه دو	319,282.07	320,665.93	-	-	-	-
نمونه چهار	502,790.63	866,365.35	-	-	-	-
نمونه هشت	-	-	1,722,948.29	-	-	-
ایران	1,688,844.61	3,128,922.94	5,158,563.16	5,644.90	6,530,220.25	143,746.16

جدول۳-۱۹. جمع‌بندی مصرف ویژه انرژی فرایندهای تولید مس کشور از کانی تا مس پالایش شده با دو روش پیرومتالورژی و هیدرو متالوژی

ماه	مصرف ویژه انرژی معدن (GJ/ton)			مصرف ویژه انرژی تغلیظ (GJ/ton)			مصرف ویژه انرژی ذوب (GJ/ton)		پالایش (GJ/ton)	پیرومتالورژی (GJ/ton)	هیدرومتالورژی (GJ/ton)
	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه دو	نمونه چهار	نمونه یک	نمونه هشت	نمونه یک	نمونه یک	نمونه یک
فروردین	3.80	6.57	9.72	10.50	3.56	20.01	21.28	19.87	1.43	37.00	17.24
اردیبهشت	3.75	5.70	9.73	9.96	3.64	23.01	21.64	18.24	1.41	36.75	17.14
خرداد	3.58	5.17	10.09	9.01	5.01	22.61	20.58	18.64	1.43	34.60	16.90
تیر	3.75	0.06	11.39	8.89	4.71	21.95	19.79	20.88	1.38	33.81	14.42
مرداد	4.24	5.22	12.00	10.60	4.62	15.05	18.09	18.98	1.34	34.28	14.00
شهریور	4.05	4.86	12.22	9.01	4.38	21.90	19.85	18.81	1.44	34.35	14.37
مهر	5.72	5.84	11.01	8.32	5.41	17.30	18.63	18.10	1.41	34.08	14.40
آبان	4.46	4.84	13.00	10.03	4.88	20.57	18.65	26.83	1.46	34.61	15.87
آذر	4.08	4.18	10.61	8.61	5.10	16.68	18.29	18.86	1.37	32.36	64.54
دی	4.65	5.23	12.39	10.58	5.78	19.68	18.32	21.20	1.37	34.92	21.15
بهمن	4.42	4.75	12.75	9.40	4.76	20.20	18.25	18.60	1.41	33.47	20.82
اسفند	5.06	5.11	13.57	9.07	5.75	21.38	23.66	29.29	1.44	39.23	18.66
کل سال	**4.25**	**4.77**	**11.53**	**9.52**	**4.79**	**19.87**	**19.65**	**20.04**	**1.41**	**34.82**	**20.41**
متوسط کشور	**6.85**			**11.39**			**19.85**		**1.41**	**34.82**	**20.41**

در جدول۳-۲۰ مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس در مجتمع های مس کشور به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی آورده شده است.

جدول۳-۲۰. مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در مجتمع های مس کشور

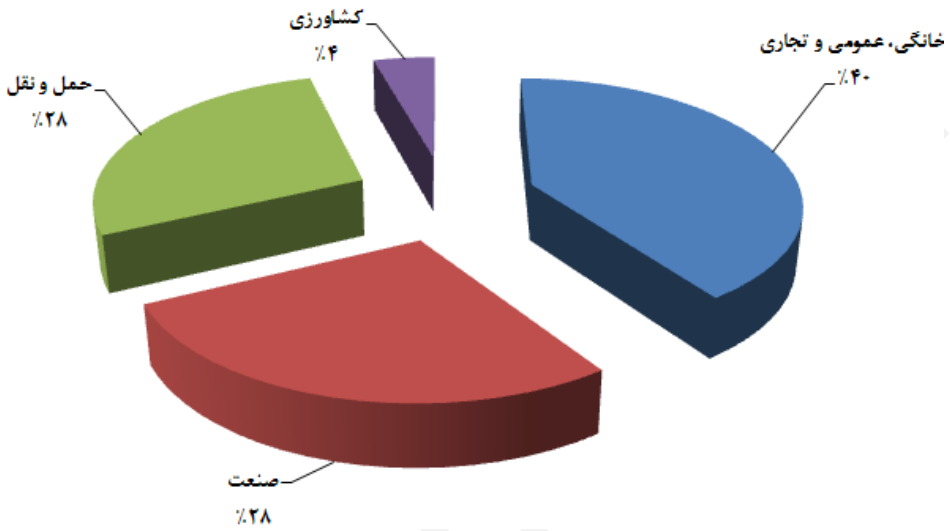
مجتمع		مصرف ویژه انرژی معدن		مصرف ویژه انرژی تغلیظ		مصرف ویژه انرژی ذوب		مصرف ویژه انرژی پالایش		مصرف ویژه انرژی پیرومتالورژی		مصرف ویژه انرژی هیدرومتالورژی	
		حرارتی	الکتریکی	حرارتی	الکتریکی	حرارتی	الکتریکی	حرارتی	الکتریکی	حرارتی	الکتریکی	حرارتی	الکتریکی
نمونه یک	GJ/ton	3.8	0.4	1.4	8.1	18.1	1.3	0.0	1.4	23.3	11.3	6.5	13.9
	kWh/ton	1063.9	116.7	386.1	2258.4	5016.7	366.7	5.6	386.1	6463.9	3125.0	1797.2	3872.3
نمونه دو	GJ/ton	4.7	0.1	0.0	4.8	-	-	-	-			-	-
	kWh/ton	1311.1	13.9	0.0	1330.6								
نمونه چهار	GJ/ton	11.4	0.1	0.2	19.7	-	-	-	-			-	-
	kWh/ton	3169.5	33.3	44.4	5472.3								
نمونه هشت	GJ/ton	-	-		-	16.8	3.3	-	-			-	-
	kWh/ton					4655.6	913.9						
ایران	GJ/ton	6.7	0.2	0.5	10.9	17.4	2.3	0.0	1.4	23.3	11.3	6.5	13.9
	kWh/ton	1847.2	52.8	144.4	3019.5	4836.1	638.9	5.6	386.1	6463.9	3125.0	1797.2	3872.3

با توجه به جداول بالامی توان نتیجه گرفت در مراحل تولید مس در معدن و ذوب انرژی مصرفی بیشتر به صورت انرژی حرارتی می باشد و در مرحله تغلیظ و پالایش انـرژی مصرفی به صورت انرژی الکتریکی می باشد و بیشترین میزان مصرف انرژی حرارتی در مرحله ذوب و بیشترین میزان مصرف انرژی الکتریکی در مرحله تغلیظ می باشد.

۳-۸. سهم انرژی مصرف شده در کارخانجات مس کشور از کل انرژی بخش صنعت و کل کشور

میزان مصرف سالیانه انرژی در ایران، ۱۲۴۵ میلیون بشکه نفت خام می باشد که این مقدار حدود ۴/۵ برابر میزان متوسط مصرف انرژی در جهان است

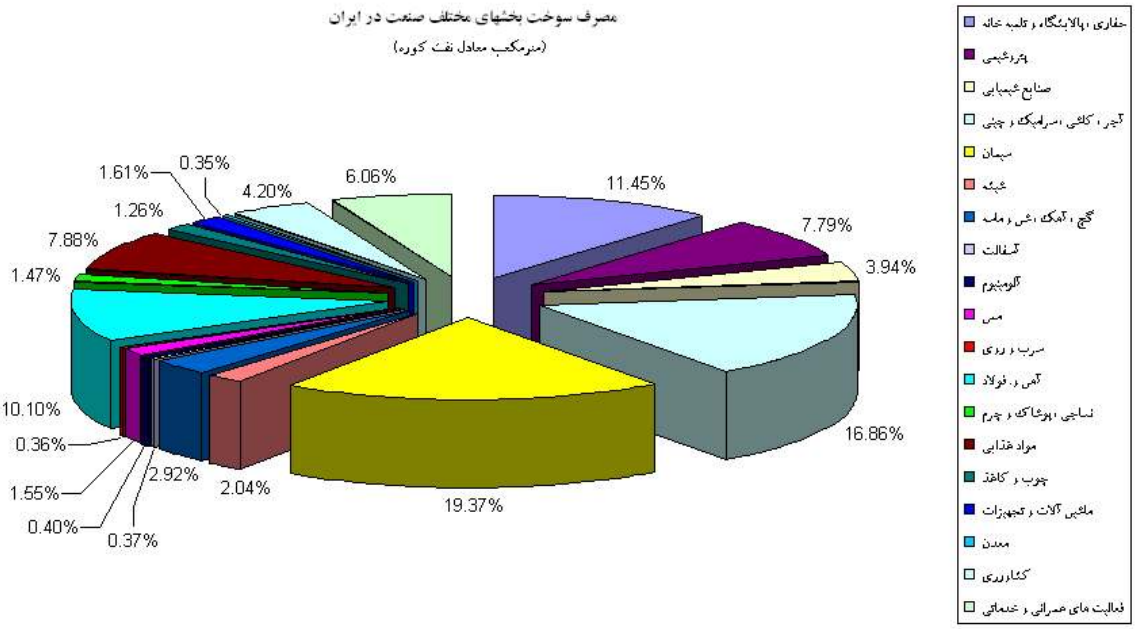
در شکل۳-۲۰ سهم مصارف انرژی در بخش های مختلف کشور از کل انرژی آورده شده است.



شکل۳-۲۰. سهم مصارف انرژی دربخش های مختلف از کل انرژی مصرفی در کشور در سال ۱۳۹۰

همانطور که در شکل۳-۲۰ مشاهده می کنید بخش صنعت به میزان ۲۸٪ از مصرف کل انرژی کشور را به خود اختصاص می دهد[۱۲۳].

صنعت مس به عنوان یکی از صنایع استراتژیک و انرژی بر کشور محسوب می‌شود، به طوریکه میزان مصرف سالانه برق در این صنعت بیش از ۱۰۰۰ میلیون کیلووات ساعت برآورد می شود. با توجه به شکل۳-۲۱ میزان درصد سهم انرژی مصرفی در بخش های مختلف صنعت آورده شده است که نشان می دهد سهم انرژی مصرفی در صنعت مس 1.55% بخش صنعت می باشد[۱۲۴].



شکل۳-۲۱. درصد سهم انرژی مصرفی در بخش های مختلف صنعت

فصل چهارم:
مطالعه زنجیره ارزش صنعت مس و نقش انرژی در این زنجیره

وضعیت یک زنجیره تأمین را می توان هم به تفکیک محصولات و هم به تفکیک موضوعات عمومی (بازار، جریان کالا، جریان مالی، فناوری، منابع انسانی، منابع فیزیکی، منابع طبیعی، تجارت خارجی، بنگاه‌ها، محیط زیست، محیط اجتماعی و فرهنگی) بیان کرد.

می‌توان در تفکیک محصولات، اطلاعات مربوط به بنگاه‌ها، تجارت خارجی، منابع انسانی و... را بیان نمود و یا در قسمت بنگاه‌ها، تجارت خارجی، منابع انسانی و... اطلاعات مربوط به محصولات را نیز ارائه داد[۱۲].

۴-۱. مقدمه

مس فلزی چکش خوار و انعطاف پذیر است که رسانای عالی گرما و الکتریسیته و مقاوم در برابر فرسایش می باشد. این عنصر به صورت طبیعی در پوسته زمین وجود دارد. مس به عنوان یک ماده غذایی نیز نقش حیاتی در حفظ سلامت افراد دارد. مس و آلیاژهای آن برای کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند که برای یک سطح زندگی معقول مناسب است. تولید و استفاده از آن در توسعه جامعه ضروری بوده و عامل مهمی در تضمین توسعه پایدار جامعه است.

مس یکی از فلزاتی است که بیش از دیگر فلزات بازیافت می شود. این از توانایی های انسان است که فلزات را بارها بازیافت می کند تا مواد مورد نیاز خود را بسازد. بازیافت مس، بازدهی استفاده از این فلز را گسترش داده و به ذخیره انرژی منتهی می شود و باعث تضمین منبع فلزی پایدار برای نسل های آینده می گردد.

مس کمک بزرگی به اقتصاد ملی کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه می کند. استخراج معدن، فرآوری، بازیافت و تبدیل این فلز به کالاهای مورد نیاز جامعه علاوه بر ایجاد اشتغال برای نیروی کار باعث تولید ثروت برای جامعه می گردد. ایران با داشتن ذخایر غنی از کانسارهای مس استعداد زیادی در توسعه این بخش دارد .با توجه به اینکه مس نقش زیادی در توسعه اقتصادی جوامع دارد و در واقع با رشد تولیدات صنعتی همبستگی زیادی دارد.

ازینرو صنعت مس کشور با رشد تولیدات صنعتی کشورهای جهان می تواند نقش مهمی در توسعه اقتصادی کشور بازی نماید و به یکی از عمده ترین منابع ارز آور کشور تبدیل گردد .از اینرو توجه به این صنعت امری ضروری و اجتناب ناپذیر می باشد[۴].

۴-۱-۱. قیمت جهانی مس

رشد اقتصاد جهانی اصلی ترین عامل به وجود آورنده تقاضای مس است. این تقاضا ناشی از افـزایش اسـتفاده محصولات سنتی و همچنین محصولات جدید ساخته شده از آلیاژهـای مـس اسـت عمـده تـرین دلیـل افـزایش تقاضای مس، ناشی از توسعه سریع اقتصاد کشورها است. به عبارت دیگر رشد اقتصادی کشـورهای بـزرگ جهـان نظیر چین، ایالات متحده و ... به دلیل افزایش ساخت و ساز و افزایش تولید محصولات فلـزی مـی توانـد یکـی از عوامل تعیین کننده تقاضای مس و قیمتهای آن باشد[۱۹].

از بعد بازار جهانی فلزات، مس یکی از بزرگ ترین بازارها پس از سنگ آهن و آلومینیوم محسوب می شـود و ارزش بازار جهانی مس تصفیه شـده بـیش از ۱۵۰ میلیـارد دلار در سـال اسـت.برآوردهای مرکـز زمـین شناسـی آمریکا (USGS)از منابع مس، حاکی از وجود ۳/۱ میلیارد تن ذخیره معدنی مس در کره خاکی اسـت کـه حـدود ۶۹۰ میلیون تن در فهرست ذخایر ثبت شده وجود دارد.

جالب اینکه از دهه ۱۹۷۰ میلادی تاکنون برآوردهای مربوط به میزان موجودی مس بیش از دو برابـر شـده، چون نه تنها تولید معدنی مس از آن زمان تاکنون افزایش یافته، بلکه پیشـرفت صـنعت بازیافـت نیـز بـه افـزایش مقادیر مس تصفیه شده جهان افزوده و هم اکنون ۲۰ تا ۳۰ درصد از حجم سالانه تولید مس تصـفیه شـده را بـه خود اختصاص داده است.

قیمت جهانی مس به طور کلی از سال ۱۹۶۵ تا سـال ۲۰۱۵ همـانطور کـه در شـکل۴-۱ مـی بینیـد رونـد افزایشی داشته است.

منبع:IMF

شکل۴-۱. قیمت نقطه ای مس و خط روند افزایش

مرجع تعیین‌کننده قیمت‌گذاری مس تصفیه شده که بطور روزانه مشخص می‌گردد بازار فلزات لندن(LME) و بازار فلزات نیویورک (COMEX) می‌باشد.

البته این روند هر بار به دلایلی دست خوش تغییراتی قرار می گیرد.

به طور کلی عواملی چون عرضه و تقاضا، افزایش یا کاهش هزینه تولید بخصوص حقوق و دستمزد، رکـود یـا رونق اقتصادی، حجم معاملات، میزان ذخایر، ورود کشورهای جدید به خط تولید و رعایت مسائل زیست محیطـی مرتبط با آن می باشد.

قیمت مس آند و کنسانتره مس نیز براساس هزینه‌های پـالایش یـا RC2 (Refining charge) و هزینـه‌هـای عمل‌آوری یا TC3 (Treatment charge) تعیین می‌گردد. که در زیر روش محاسبه ی قیمت مس کنسانتره، مـس بلیستر و مس آند آورده شده است.

(۱-۴) قیمت مس کاتدی = قیمت کنسانتره ـ (TC/ عیار کنسانتره +RC)

(۲-۴) قیمت بلیستر = قیمت مس کاتدی ـ (هزینه ریخته‌گری آند +RC)

(۳-۴) قیمت آند = قیمت مس کاتدی ـ RC

۴-۱-۲. مهمترین عوامل در تغییرات مس از سال ۱۹۶۵ تا سال ۲۰۱۵

علیرغم آزادشدن قسمتی از ذخایر استراتژیک مس آمریکـا، بـدلیل جنـگ ویتنـام در خـلال سـالهای ۱۹۶۵ لغایت ۱۹۷۳ که تقاضای آنرا تشدید نمود، قیمت افزایش داشته است.

به دنبال تشکیل سازمان سیپک CIPEC با عضویت چهار کشور دارای بزرگترین ذخایر مـس درسـال ۱۹۶۷، بدلیل نگرانی بازارهای بورس از ایجاد یک دستگاه قوی کنترل عرضه مس، قیمت افزایش یافت.

کنترل آلـودگی در اجـرای سیاسـتهای ملـی محـیط‌زیسـت در آمریکـا درسـال ۱۹۶۹ کـه موجـب افـزایش سرمایه‌گذاری گردید باعث بالارفتن قیمت مس شد.

بدنبال اجرای برنامه کنترل قیمت درخلال سالهای ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۳ قیمت کاهش یافت.

بدنبال افزایش قیمت نفت و تأثیر مسـتقیم آن بـر قیمـت مـس در دو سـال ۱۹۷۳ و۱۹۷۴قیمـت مـس بـه بالاترین قیمت طی دو دهه اول یعنی ۱۹۹۳ دلار هر تن رسید.

رکود اقتصادی سه ساله ۱۹۷۵ لغایت ۱۹۷۷ موجب کاهش قیمت مس گردید.

رکود مصرف مس در اثر افزایش قیمت انرژی طی سالهای ۱۹۷۹- ۱۹۸۰

افزایش شدید قیمت مس، طلا و نقره در ماه‌های ژانویه و فوریه سال ۱۹۸۰ همراه با تعطیلی واحدهای ذوب کمپانی آناکوندا

رکود اقتصادی همراه با کاهش قیمت درسال ۱۹۸۲

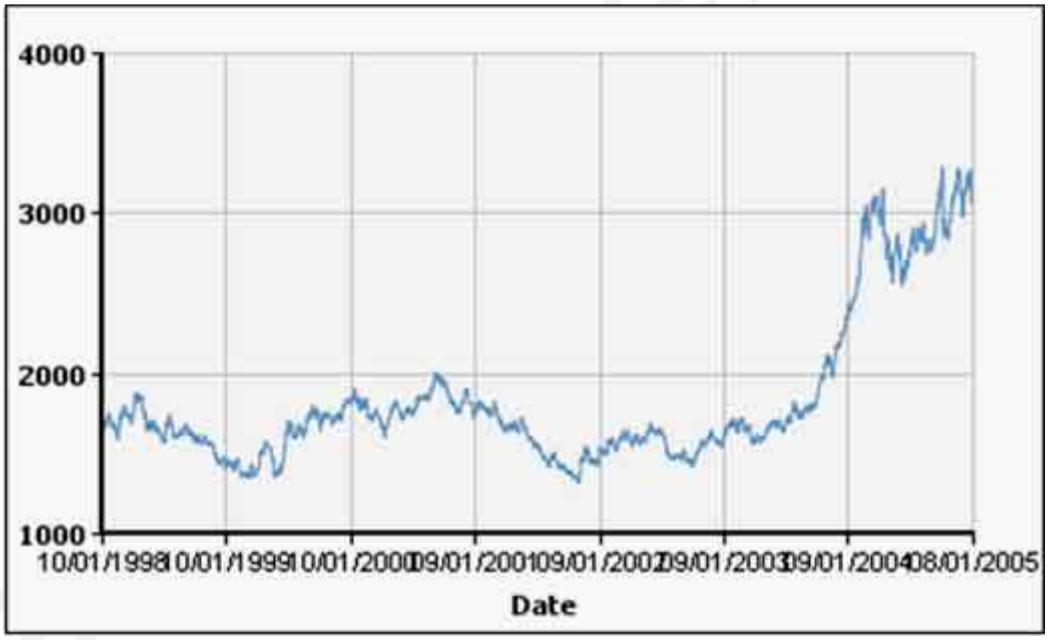
افزایش ظرفیت‌های تولید در کشورهای مهم تولیدکننده و ورود کشورهائی نظیر ایران به جمع کشورهای تولیدکننده مهم موجب عدم افزایش قیمت طی سالهای ۱۹۸۷-۱۹۸۴

رونق اقتصادی طی سالهای ۱۹۸۷- ۱۹۸۹ باعث افزایش قیمت مس گردید.

ازسال ۱۹۹۰ - ۱۹۹۲ به دلیل رکود اقتصادی قیمت مس کاهش یافت.

ازسال ۱۹۹۳ - ۱۹۹۵ مجدداً قیمت مس به دلیل رعایت مسائل زیست‌محیطی افزایش یافت.

به استثنای یک دوره کوتاه در سال مالی ۹۵-۱۹۹۴، قیمت ظاهری مس طی سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۳ میلادی زیر یک دلار در پوند باقی ماند.در واقع میانگین قیمت سالانه در سراسر این دوره ۸۲ تا ۹۰ سنت در هر پوند بود. که در شکل۴-۲ نرخ نوسانات قیمت مس در بازار لندن را مشاهده می کنید.



شکل۴-۲. نرخ نوسانات قیمت مس در بازار لندن

پیدایش اقتصادهای نوظهور و غلبه این کشورها بر رکود اقتصاد جهان، تاثیر مهمی بر بازار فلزات (بویژه سنگ آهن) گذاشت و حتی ارزش فلزاتی نظیر مس، سرب و قلع را طی سال های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۲ میلادی بیش از ۳۰۰ درصد افزایش داد.تغییر مسیر روند تولیدات از کشورهای پیشرفته به طرف چین، هم به سرعت اتفاق افتاد و هم سرسام آور بود.به همین دلیل چین هم اکنون برترین مصرف کننده فلزات صنعتی محسوب می شود و ۴۳

درصد از تقاضای جهانی مس را به خود اختصاص داده است

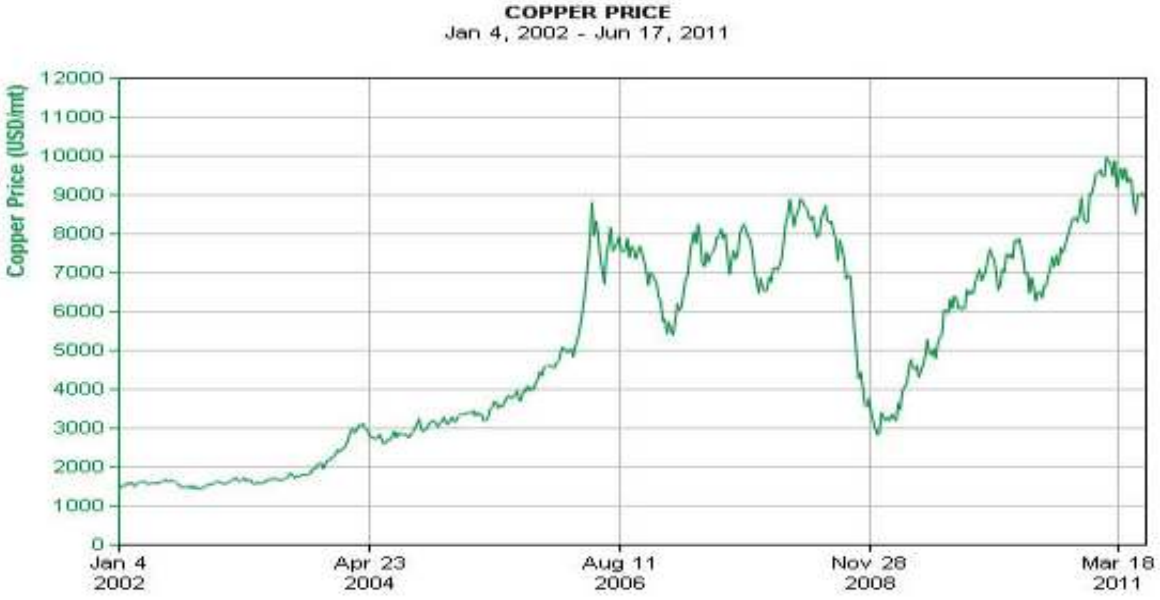
ترکیب تولید معادن مس جهان طی ۳۰ سال اخیر دستخوش تغییرات زیادی شده است.در سال ۱۹۸۰ میلادی، تولید معادن از لحاظ منطقه ای متعادل بود و ۲۸ درصد از میزان تولیدات معدنی مس به آمریکای شمالی اختصاص داشت.

البته این وضعیت تغییر کرد و تولید معدنی مس در این ناحیه وارد فاز رکود شد و پس از آن آمریکای لاتین و به مقدار کمتر آسیایی ها تولیدات خود را افزایش دادند؛ تا آنجا که در سال ۲۰۱۲ شیلی به تنهایی ۳۳ درصد تولید معدنی مس جهان را به خود اختصاص داد.همان طور که می دانیم شیلی خانه معادن بزرگ مس از جمله «اسکوندیدا»(بزرگ ترین معدن مس جهان و دارای کمترین هزینه تولید) است.

از طرفی روند افت عیار معدنی فلز مس نگرانی دیگری محسوب می شود.از سال ۲۰۰۰ میلادی به این سو میانگین میزان مس موجود در سنگ معدنی (Head Grades)بدون درنظر گرفتن وزن تولید از ۱,۳ به ۱,۱ درصد در سال ۲۰۱۲ افت کرده است.علاوه بر این رقم برای تولیدات معدنی به کمتر از یک درصد رسیده، چون معادن بزرگ جهان از دهه ها قبل مشغول تولید بوده اند و هم اکنون عیار معدنی آنها کاهش یافته است.

طور کلی افت عیار، هزینه ها را افزایش می دهد

شکل۴-۳ قیمت جهانی فلز مس است که طی این چند سال اخیر به علت بحران های جهانی و تغییرات در میزان تقاضای مصرف، دچار نوسانات شدیدی گشته است. این نوسانات در نمودار ده ساله این فلز کاملا مشهود است.



شکل۴-۳. نمودار قیمت جهانی مس

در شکل۴-۳ کاهش قیمت تا ۳۰۰۰ دلار به ازای هر تن در نیمه ابتدای سال ۲۰۰۸ و رشد قیمت تا۱۰,۰۰۰

دلار در آوریل سال ۲۰۱۱ نشان دهنده بیشترین نوسان، در چند سال اخیر قیمت جهانی مس بوده است[۱۹].

طبق آژانس خبری شرکت ملی صنایع ایران آخرین قیمت جهانی فلزات حاکی است که قیمت مس 5581.00 دلار، آلومینیوم 1830.50 دلار، فولاد500.00 دلار، نیکل 14405.00 دلار، قلع 19510.00 دلار، سرب 1831.00 دلار و روی 2106.50 دلار معامله شده است.

و همچنین کنسانتره مس نمونه یک (با عیار ۳۰٪) ۱۸۷۲,۷ دلار، کنسانتره مس نمونه چهار (با عیار۳۳٪) ۲۰۴۹,۹۷ دلار و کنسانتره مس نمونه دو (با عیار ۳۵٪) ۲۱۶۸,۱۵ دلار اعلام شد.

۴-۱-۳. ارزش افزوده

سر مایه گذاری یکی از عوامل کلیدی توسعه اقتصادی در هر جامعه‌ای به شمار می‌رود.لیکن سر مایه گذاران برای تحقق این امر نیاز به معیارهایی برای ارز یابی شرکت‌ها دارند.معیارهای سنتی ارزیابی از قبیل سود هر سهم، رشد سود، نرخ بازده، هزینه سر مایه و سایر معیارهایی که صرفا مبتنی بر ارزش فعلی در آمدهای آتی صاحبان سهام می‌باشد. نمی‌توانند به تنهایی به عنوان معیاری قابل اطمینان جهت ارز یابی عملکرد مورد استفاده قرار گیرند.

یکی از معیارهایی که می‌تواند سر مایه گذاران را در اتخاذ تصمیمات خود یاری رساند، ارزش افزوده اقتصادی(AVE)است. ارزش افزوده عبارت از ارزشی است که به واسطه فعالیت‌های عملیاتی واحد تجاری ایجاد شده و برای ارز یابی عملکرد شرکت‌ها و تنظیم طرح‌های انگیزشی مدیران کار برد دارد.

ارزش افزوده اقتصادی معیاری است که هم میتواند سرمایه گذاران را در انتخاب سرمایه گذاری با بازده مناسب ترکمک نموده و هم راهنمای مدیران امروز در افزایش بهره وری باشد.

طبق گزارش جدیدی که مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی درباره شاخص هایی همچون سهم در ارزش افزوده، سهم سرمایه گذاری، نرخ بازگشت سرمایه و تحقیق و توسعه در بین کشورهای معدن خیز و ایران منتشر کرده از جایگاه بالای سهم از سرمایه گذاری و تحقیق و توسعه در کشورهای کانادا،استرالیا،امریکا و شیلی خبر می دهد این در حالی است که میزان بازدهی سرمایه گذاری و ارزش افزوده حوزه معدن در این کشورها نسبت به بخش های دیگر اقتصادی پایین تر است.

سهم سرمایه گذاری و ایجاد ارزش افزوده بخش معدن ایران کمتر از یک درصد است در حالی که کانادا سهم ۶درصدی معدن از ارزش افزوده دارد. (هر چند ۶۶ تا۷۰ درصد از ارزش افزوده کشورهای معدنی در اختیار بخش خدمات است.) این در شرایطی است استرالیا نیز در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ با رشد منفی ارزش افزوده در بخش معدن مواجه شد.

اما به طور کلی سهم بخش معدن در تمامی کشورهای معدنی در پایین ترین قسمت قرار دارد

همانطور که آمار نشان می‌دهد ایران با توجه به ذخایر غنی معدنی که ۷درصد از کل ذخایر جهان را در اختیار دارد می‌تواند با جذب سرمایه‌های بیشتر درحوزه معدن و صنایع معدنی به صورت ویژه امکان توسعه را برای سایر بخش‌های اقتصادی فراهم آورد. برای تحقق این مهم بهبود زیرساخت‌های حمل و نقل ریلی و اصلاح قوانین مرتبط با معادن و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری یک ضرورت به شمار می‌رود.

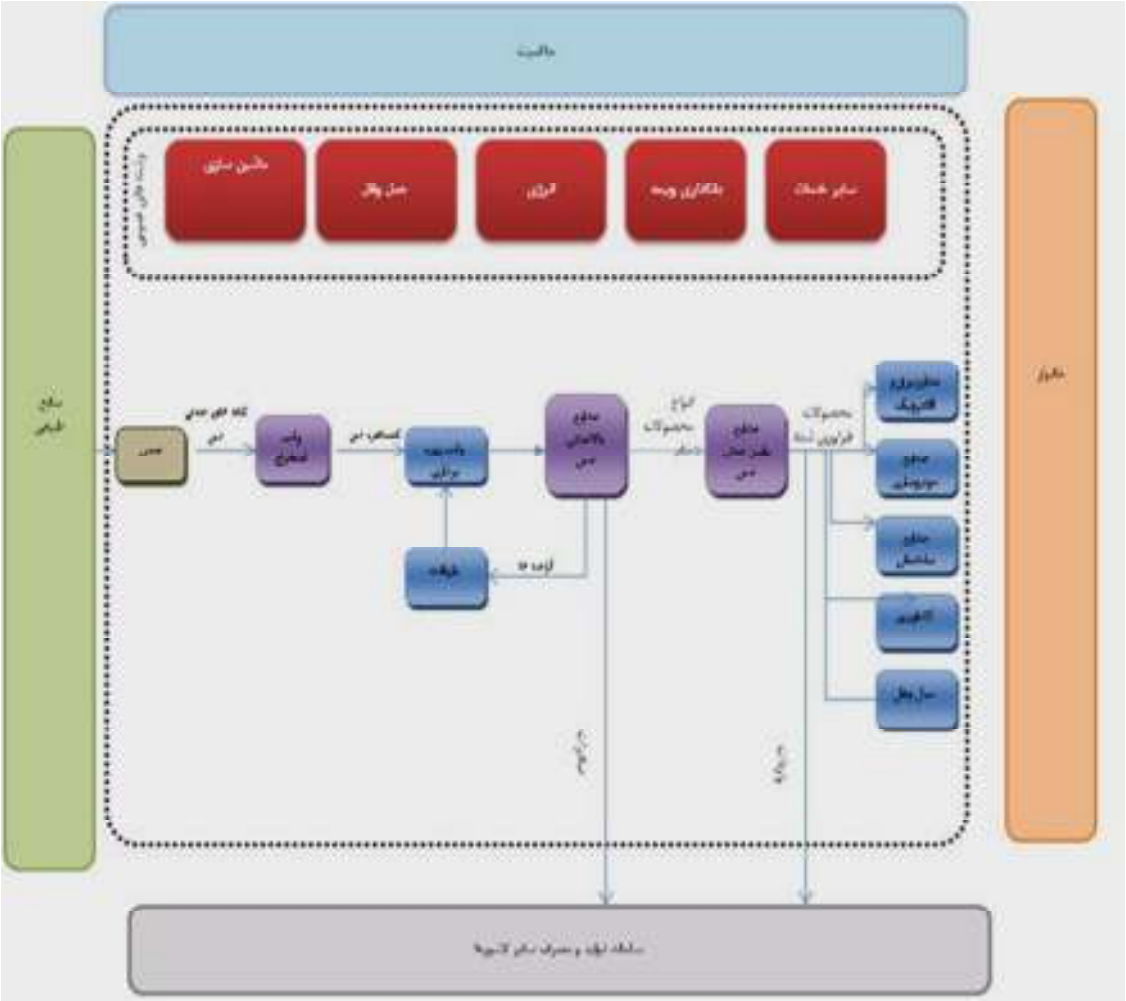
نتایج آمارگیری مرکز آمار نشان می‌دهد که درسال ۱۳۹۱ ارزش سرمایه‌گذاری در معادن در حال بهره برداری کشور ۸ هزارو ۶۰۷میلیارد ریال بوده است و در بین فعالیت‌های مختلف، سنگ آهن، مس، سنگ تزیینی به ترتیب با ۳ هزارو ۶۷۲، یک هزارو ۳۳۴ و ۸۹۷ میلیارد ریال بیشترین سرمایه گذاری را داشته‌اند.

سرمایه گذاری در معادن مس به ۱۳۳۴ میلیارد ریال رسید مرکز آمار اعلام کرد: ارزش سرمایه گذاری معادن مس کشور به یک هزارو ۳۳۴ میلیارد ریال رسید .

۴-۲. محصولات، مواد اولیه و فراورده‌ها

زنجیره تأمین مس از ماده معدنی (سنگ مس) آغاز و تا مقاطع مسی ادامه پیدا می‌کند. زنجیره تأمین این صنعت در شکل۴-۴ نمایش داده شده است.

energyenergy.ir



شکل۴-۴. زنجیره تامین مس

مواد اولیه زنجیره تأمین مس عبارتند از: کانه های معدنی مس (شامل کانه های سولفیدی وکانه های اکسیدی) و قراضه مس کانه های معدنی مس با روش هیدرومتالورژی (برای کانسنگ های اکسیدی و یا سولفیدی کم عیار) یا پیرومتالورژی (برای کانسنگ های سولفیدی) تبدیل به مس کاتد شده و از مس کاتد مقاطع مسی تولید می‌شود. اگر کانسنگ شامل مولیبدن نیز باشد، در فرایند پیرومتالورژی کنسانتره مولیبدن نیز بعنوان محصول جانبی بدست می آید که به عنوان ماده اولیه تولید فرومولیبدن و اکسید رنیوم می‌باشد[۱۲].

۴-۲-۱. سنگ مس

ایران با ذخیره قطعی و احتمالی حدود ۳ میلیارد تن با مس محتوا بیش از ۱۸ میلیون تن در رتبه نهم جهانی قرار داشته که با توجه به عملیات اکتشافی صورت گرفته طی یکسال اخیر این مقدار به حدود ۴ میلیارد تن با عیار ۰٫۴۹٪ یعنی مس محتوا حدود ۲۱ میلیون تن افزایش یافت و رتبه جهانی از نهم به هفتم ارتقا یافت.

ایران در حال حاضر حدود ۳ %از ذخایر جهانی مس را در اختیار دارد و این میزان رو به افزایش است چرا که کشور ما بر روی کمربند جهانی مس قرار گرفته و این محدوده از شمال غرب کشور آغاز و به جنوب شرقی ختم میشود و در حال حاضر حدود ۱۲ هزار کیلومتر مربع جهت شناسایی ذخایر مس در حال بررسی است.

۴-۲-۲. کنسانتره مس

سنگ مس به دو روش پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی فرآوری شده و عیار آن به حدود ۲۸٪ می‌رسد. کنسانتره مس ماده اولیه مس آندی می‌باشد.

در جدول۴-۱ میزان تولید کنسانتره مس از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ آمده است.

جدول۴-۱. میزان تولید کنسانتره مس، ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰

سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
واحد: هزارتن	۸۳۵	۸۸۰,۸۲	۸۸۳,۱	۹۰۱

۴-۲-۳. مس آند

مس آند از ذوب و تصفیه حرارتی کنسانتره مس بدست آمده و عیار آن به حدود 99.6% می‌رسد. البته در روش هیدرومتالورژی این فرایند حذف می‌شود. در جدول۴-۲ میزان تولید مس آند از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ آمده است.

جدول۴-۲. میزان تولید مس آند از ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰

سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
واحد: هزارتن	۲۵۱	۲۶۱	۲۸۲	۲۶۸

۴-۲-۴. مس کاتد

مس کاتد از پالایش و تصفیه الکتریکی مس آند بدست آمده و عیار آن به حدود 99.998% می‌رسد. جدول۴-۳ میزان تولید مس کاتد از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد.

جدول۴-۳. میزان تولید مس کاتد از ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰

سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
واحد: هزارتن	۲۰۶	۲۱۰	۲۲۱	۲۳۵

جدول۴-۴ تولید مس کاتد را طی برنامه‌های توسعه‌ای نشان می‌دهد.

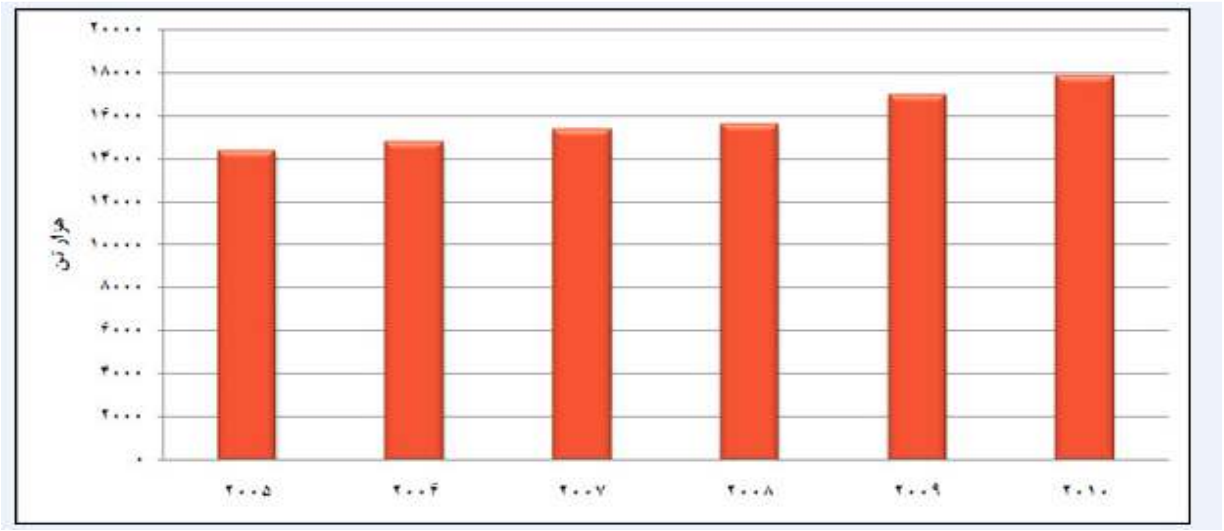
جدول۴-۴. تولید مس کاتد طی برنامه‌های توسعه ای

برنامه تولید	برنامه سوم (۲۰۰۴)	برنامه چهارم (۲۰۰۹)	برنامه پنجم (۲۰۱۴)	چشم‌انداز ۲۰ ساله (۲۰۲۵)
تولید در سال پایانی برنامه	۱۴۵ ،۰۰۰ تن	۲۲۵ ،۰۰۰ تن	۷۰۰ ،۰۰۰ تن	۱ ،۲۰۰ ،۰۰۰ تن

تولید جهانی مس در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ در جدول۴-۵ و در شکل۴-۵ نشان داده شده است.

جدول۴-۵. تولید جهانی مس، ۲۰۱۰-۲۰۰۵

سال	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰
هزارتن	۱۴۳۹۲	۱۴۸۱۲	۱۵۳۸۰	۱۵۶۳۸	۱۶۹۷۴	۱۷۸۸۹



شکل۴-۵. نمودار تولید جهانی مس، ۲۰۱۰-۲۰۰۵

همچنین میزان تولید در برنامه های توسعه ای در جدول۴-۶ آورده شده است.

جدول۴-۶. میزان تولید در برنامه‌های توسعه ای

برنامه‌های پنج ساله	سال	کاتد پالایشگاه	کاتد لیچینگ	مجموع	تولید میانگین
برنامه سوم	۱۳۷۹	۱۴۳۴۳۵	۱۲۴۲۰	۱۵۵۸۵۵	۱۵۰۰۰۰
	۱۳۸۰	۱۴۳۵۰۱	۹۲۰۲	۱۵۲۷۰۳	
	۱۳۸۱	۱۳۴۶۳۲	۸۸۰۶	۱۴۳۴۳۸	
	۱۳۸۲	۱۳۳۱۵۵	۱۲۵۱۳	۱۴۵۶۶۸	
	۱۳۸۳	۱۴۱۶۸۵	۱۰۷۷۷	۱۵۲۴۶۲	
برنامه چهارم	۱۳۸۴	۱۶۸۴۳۰	۹۶۰۶	۱۷۸۰۳۶	۲۰۰۰۰۰۰
	۱۳۸۵	۱۹۱۷۹۸	۹۰۰۲	۲۰۰۸۰	
	۱۳۸۶	۱۹۵۵۴۱	۷۴۶۱	۲۰۳۰۰۲	
	۱۳۸۷	۱۹۸۵۰۲	۷۲۱۶	۲۰۵۷۱۸	
	۱۳۸۸	۲۰۳۰۱۰	۷۲۱۲	۲۱۰۲۲۲	
برنامه پنجم	۱۳۸۹	۲۱۳۵۳۱	۷۵۰۱	۲۲۱۱۰۰	
	۱۳۹۰ (۶ ماهه نخست)	۱۱۰۵۷۵	۴۸۰۰	۱۱۵۳۷۵	

کشور ایران در حدود ۱٫۲٪ از تولید جهانی مس کاتد را به خود اختصاص داده است که براین اساس در تولید مس کاتد رتبه اول خاورمیانه، رتبه هفتم آسیا و بیست و دوم جهان، و در تولید مس آند در رتبه هفتم آسیا و یازدهم دنیا قرار داریم.

چین بزرگترین تولید کننده مس کاتد جهان می‌باشد و کشورهای شیلی، ژاپن و ایالات متحده و روسیه در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

در حال حاضر طرح‌هایی برای افزایش تولید به هفتصد هزارتن با ارزش بیش از ۷ میلیارد دلار در حال انجام است که ابتدا قرار بود بخشی از آن از محل فاینانس تأمین گردد که با افزایش قیمت مس و افزایش سرمایه شرکت ملی صنایع مس، فعلاً بر پایه درآمدهای خود شرکت نسبت به تأمین آن اقدام می‌شود.

با توجه به افزایش ظرفیت تولید صنایع پائین دستی مس در کشور، اولویت مس کاتدی تولید شده، مصرف در بازار داخلی از طریق سازمان بورس می‌باشد که این امر میزان وزنی صادرات را کاهش داده است ولی با این حال صادرات به بسیاری از کشورهای جهان بخصوص ترکیه، عربستان، امارات، چین و هند از طریق برگزاری مزایده صورت میگیرد که با توجه به خلوص بالای مس تولیدی در ایران قیمت آن از استاندارد جهانی بالاتر است و به همین دلیل شرکت ملی مس تمایل به فروش داخلی ندارد[۱۲].

۴-۲-۵. لوله و مفتول مسی

جدول۴-۷ میزان تولید میله و مفتول شرکت ملی مس ایران را از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ نشان می‌دهد[۱۲].

جدول۴-۷. میزان تولید میله و مفتول از ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰

سال	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
واحد: هزارتن	۷۶	۶۴	۵۸	۷۴

۴-۳. انرژی

صنعت مس به عنوان یکی از صنایع انرژی بر محسوب می‌شود و کشورهای مختلف با توجه به میزان بهره‌مندی از ذخایر سنگ مس و دسترسی به انواع فناوری استخراج و فر آوری، نسبت به تولید آن اقدام می‌کنند.

صنعت مس به‌عنوان یکی از صنایع راهبردی و انرژی‌بر کشور محسوب می‌شود، به‌طوری که میزان مصرف سالانه برق در این صنعت بیش از یک میلیارد کیلووات ساعت برآورد می‌شود که این میزان حدود ۶٫۱ درصد از برق مصرف‌شده در بخش صنعت کشور است[۱۸].

۴-۳-۱. صنعت انرژی بر

صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، یکی از مهم‌ترین صنایع در سطح داخلی و بین‌الملل می‌باشند.

با بررسی مقادیر گزارش شده از مرکز آمار ایران، این صنعت در میان ۲۳ صنعت، بالاترین میزان ارزش تولیدات و همچنین میزان بکارگیری نهاده‌های نیروی‌کار، سرمایه، مواداولیه و نهایتا انرژی را در اختیار دارند. جایگاه این صنعت کشور، در سطح جهانی نیزقابل توجه و اساسی است، به گونه‌ای که بر اساس گزارش‌های وزارت صنایع، در سالهای اخیر شاهد رشد سهم تولیدات داخلی این صنعت مهم، در میان تولیدات جهانی بوده‌ایم.

در جدول۴-۸ صنایع زیر گروه صنعت کد ۲۷ در طبقه‌بندی کالاها و خدمات (ISIC) آورده شده است. . صنعت تولید فلزات اساسی از صنایع سنگین کشور می‌باشد و سهم بالایی از تولید و فروش در میان دیگر صنایع را در اختیار دارد. از دیگر مشخصه‌های این صنعت می‌توان به مصرف بالای انرژی نسبت به دیگر صنایع فعال در کشور اشاره کرد.

جدول۴-۸. صنایع زیر گروه صنعت کد ۲۷ در طبقه‌بندی کالاها و خدمات (ISIC)

کد ۲رقمی	کد ۳رقمی	کد ۴رقمی	شرح
۲۷			تولید فلزات اساسی
	۲۷۱		تولید محصولات اولیه آهن و فولاد
		۲۷۱۰	تولید محصولات اولیه آهن و فولاد
	۲۷۲		تولید فلزات اساسی گرانبها و فلزات اساسی غیرآهنی
		۲۷۲۱	تولید محصولات اساسی مسی
		۲۷۲۳	تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی- بجز آهن، فولاد، مس و آلومینیوم
	۲۷۳		ریخته‌گری فولاد
		۲۷۳۱	ریخته‌گری آهن و فولاد
		۲۷۳۲	ریخته‌گری فلزات غیرآهنی

فرایند تولیدات این صنعت به گونه ای می‌باشد که به میزان انرژی بالایی نیاز دارند. در حقیقت این مساله از نوع ساختار این صنعت نشات می‌گیرد. ساختار این صنعت به نحوی می‌باشد که، اکثر بنگاه‌های فعال، دارای زیر ساخت‌های عظیم و گسترده و تجهیزات بسیار سنگین هستند که جهت راه‌اندازی خط تولید خود، نیاز مبرم و اساسی به نهاده انرژی در مقیاس بالا دارند. بدین ترتیب صنعت تولید فلزات اساسی (کد ۲۷)، نسبت به دیگر صنایع کشور، وابستگی بیشتری به نهاده انرژی دارد و از این منظر، رتبه نخست مصرف انرژی را دارد.

نهاده انرژی دارای تنوع فراوانی است. انرژی شامل زیر شاخه‌های متعددی است که هر کدام از ۲۳ صنعت

کد۲رقمی(طبقه بندی کالاها و خدماتISIC)، بسته به نوع ساختار تولیدی خود و نوع تجهیزات کارخانه‌ای و همچنین فرایند توزیع خود، تعدادی از این زیر شاخه‌های انرژی را به خدمت گرفته است و مورد بهره‌برداری قرار می‌دهد.

بر اساس اطلاعات منتشر شده از مرکز آمار ایران (۱۳۹۱)، نهاده انرژی در کشور به ۱۲ زیر شاخه تقسیم می‌شود که شامل نفت سفید، گازوئیل، گاز مایع، گاز طبیعی، بنزین، نفت سفید و نفت کوره، ذغال سنگ، ذغال چوب، برق خریداری شده، برق تولید شده، آب و سایر مواد سوختی می‌باشد. در میان این ۱۲ جزء انرژی، برق خریداری شده، برق تولید شده، گازوئیل و گاز طبیعی، ۴ جزء اصلی و مهم انرژی بوده، که میزان مصرف و سهم بالاتری را نسبت به دیگر اجزا دارند[۱۶].

۴-۳-۲. سهم هزینه هر یک از اجزای نهاده انرژی

اجزای مهم و اصلی انرژی شامل ۴ جزء بوده که به ترتیب درجه اهمیت شامل برق خریداری شده، گاز طبیعی، گازوئیل و برق خریداری شده می‌باشد.

جدول۴-۹، به تحلیل سهم هر یک از این اجزا پرداخته است. آنچه که از جدول۴-۹ برداشت می‌شود آن است که در فرایند تولید۵ صنعت، که از بزرگترین صنایع، از منظر میزان مصرف انرژی به شمار می‌روند، به طور متوسط بیشترین مبلغ اختصاص داده شده برای نهاده انرژی، صرف هزینه خریداری برق می‌شود و برق خریداری شده مهم‌ترین جزء انرژی به حساب می‌آید. درجه اهمیت برق خریداری شده در میان ۴ جزء اصلی، با توجه به نوع ساختار صنایع مختلف، متفاوت می‌باشد، ولی همواره هزینه صرف شده برای خریدن برق، اصلی ترین هزینه تولید مربوط به انرژی می‌باشد. به منظور بررسی ساختار مصرف انرژی در صنعت ۲۷، محاسبه سهم هزینه ۴ بخش مهم انرژی، علاوه بر متوسط صنعت، به تفکیک کد ۲۷، نیز صورت گرفته است.

جدول۴-۹. سهم هریک از اجزای اصلی نهاده انرژی ۵ صنعت زیرگروه کد۲۷ دردوره ۸۶-۱۳۸۲

کد صنعت	سهم گازوئیل	سهم گاز طبیعی	سهم برق خریداری شده	سهم برق تولید شده
۲۷۱۰	۰,۰۱	۰,۲۵	۰,۶۲	۰,۱۰
۲۷۲۱	۰,۰۴	۰,۱۱	۰,۴۳	۰,۲۶
۲۷۲۳	۰,۰۵	۰,۰۰۵	۰,۸۳	۰,۰۴
۲۷۳۱	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۸۰	۰,۰۲
۲۷۳۲	۰,۰۶	۰,۰۷	۰,۸۱	۰,۰۰۴
متوسط کد ۲۷	۰,۰۴	۰,۱۰	۰,۷۰	۰,۰۸

اطلاعات مندرج در جدول۴-۹، نمایش وضعیت بیشترین و کمترین سهم هزینه‌ای هر یک از اجـزا، از هزینـه اختصاص یافته به انرژی در۵ صنعت زیرگروه صنایع فلزات اساسـی(کد ۲۷) در دوره ۸۶-۱۳۸۲، مـی‌باشـد.مقادیر گزارش شده در جدول۴-۹، نشان می‌دهد که صنعت تولید فلزات گرانبها و سایر محصـولات اساسـی- بجـز آهـن، فولاد، مس و آلومینیوم (کد ۲۷۲۳) به ترتیب بیشترین سهم برق خریداری شده (۸۳ درصد) و کـوچکترین سـهم گازطبیعی (۱درصد) را نسبت به دیگر صنایع داراست. صنعت ریختـه‌گـری فلـزات غیرآهنی(کـد ۲۷۳۲)، سـهمی بسیار ناچیز (0.4 درصد) از هزینه انرژی را به تولید برق، اختصاص داده است و در مقابل، صنعت تولید محصـولات اساسی مسی(کد ۲۷۲۱)، ۲۶ درصد از هزینه انرژی را، در فرایند تولید برق مصرف نموده است. تحلیل بیش‌ترین و کم‌ترین سهم اختصاص یافته به خرید گازوئیل، نشـان مـی‌دهـد کـه صـنعت ریختـه گـری فلـزات غیـر آهنـی (کد۲۷۳۲) وصنعت تولید محصولات اولیه آهن و فولاد(کد ۲۷۱۰) نسبت به دیگر صنایع، بـه ترتیـب بیشـترین و کمترین هزینه را صرف خرید گازوئیل کرده‌اند[۱۶].

۴-۳-۳. میزان مصرف انرژی در هر واحد صنعتی تولید مس در جهان

در جدول۴-۱۰ میزان تولید مس در جهان در سال ۲۰۰۴ آورده شده است[۲۱]

جدول۴-۱۰. میزان تولید مس در جهان

▶ ***Global Primary Copper Production, 2004***

	Production	Share	Cumulative Production Share
	Mt/yr	%	%
Chile	1.52	14.1	14.1
China	1.32	12.3	26.4
Japan	1.22	11.3	37.7
Russia	0.66	6.1	43.8
Poland	0.55	5.1	48.9
United States	0.54	5.0	53.9
Canada	0.45	4.1	58.1
Kazakhstan	0.44	4.1	62.2
Australia	0.44	4.1	66.3
Korea	0.38	3.5	69.8
Peru	0.32	3.0	72.8
Mexico	0.30	2.8	75.6
Zambia	0.28	2.6	78.2
Germany	0.28	2.6	80.7
Bulgaria	0.23	2.1	82.9
Spain	0.22	2.1	84.9
Philippines	0.22	2.0	86.9
Indonesia	0.21	2.0	88.9
Brazil	0.21	1.9	90.8
Other	0.99	9.1	100.0
Total	10.78	100.0	

Source: US Geological Survey, 2006b.

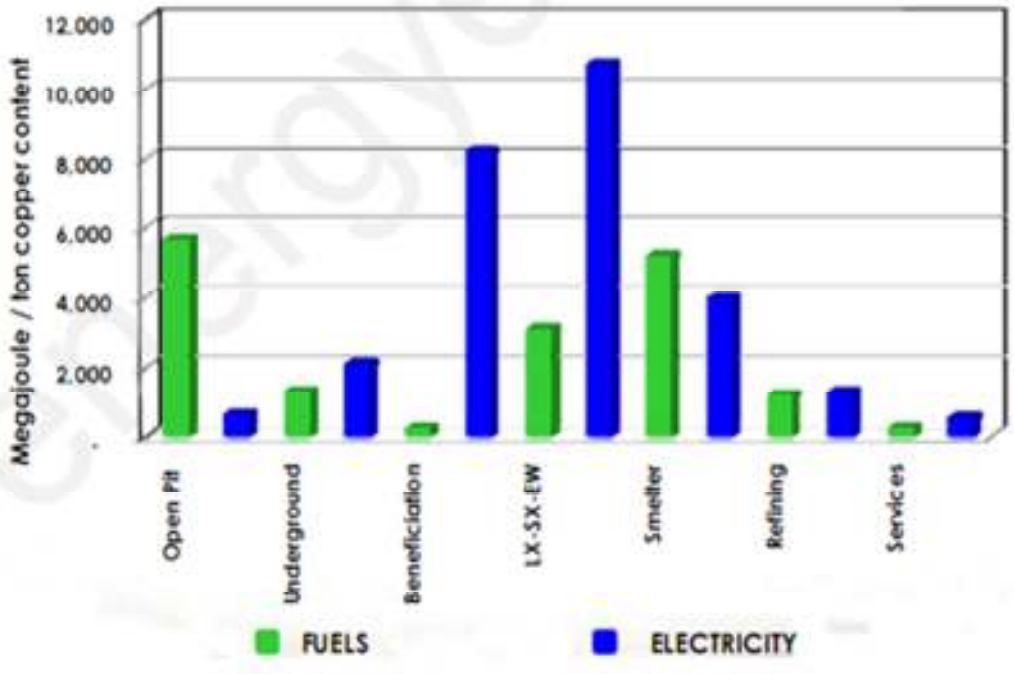
۴-۳-۳-۱. میزان مصرف انرژی در صنعت مس شیلی

میزان مصرف انرژی برای تولید مس در جدول۴-۱۱ و شکل۴-۶ آورده شده است[۲۱].

جدول۴-۱۱. میزان مصرف انرژی برای تولید مس در شیلی

	Fuel Use *GJ/t*	Electricity Use *kWh/t*
Mining		
Open pit	5.68	
Underground	0.46	
Concentration		2 029
Drying	1.13	
Smelting	9.56	672
Refining		
Electro-refining	1.18	341
Electro-winning	1.08	2 791
Sulphuric acid plant		141
Services	1.05	32
Others	0.38	
Total (open pit mining)	20.06	6 006

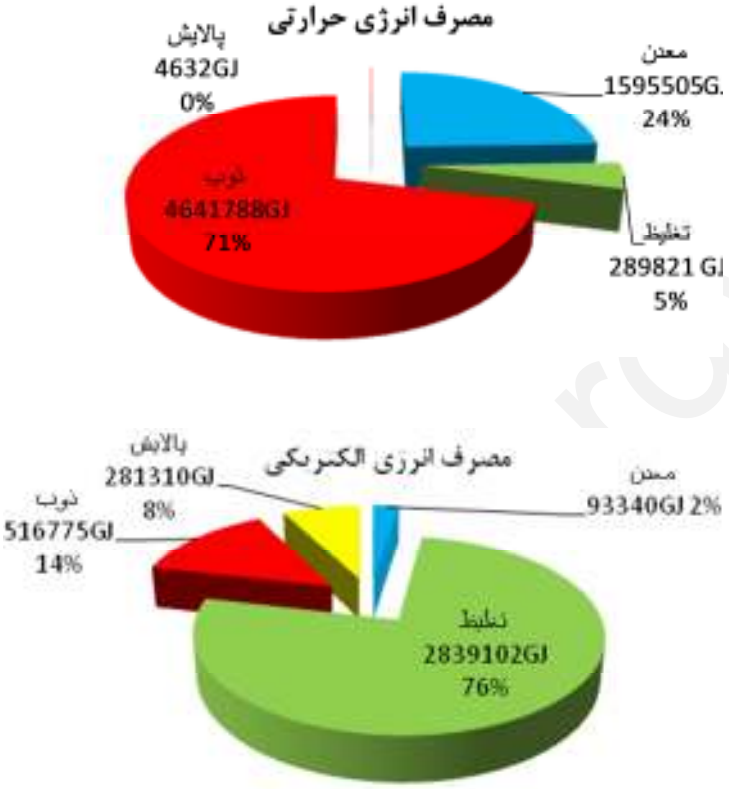
Note: 1.14% copper ore grade, 30% copper content in the concentrates.
Source: Alvarado, *et al.*, 2002.



شکل۴-۶. متوسط مصرف ویژه انرژی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی برای سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷

۴-۳-۴. میزان مصرف انرژی در مراحل تولید مس در کشور

در شکل۴-۷ سهم و میزان مصرف انرژی الکتریکی و حرارتی در مراحل تولید مس در کشور آورده شده است



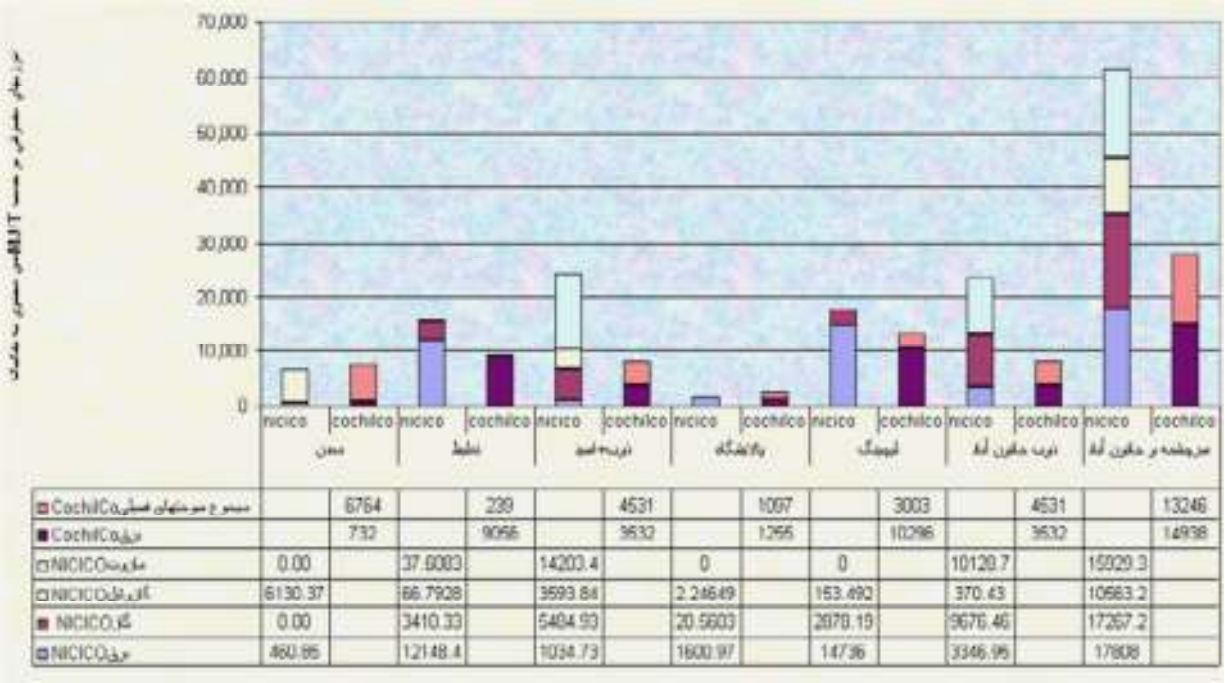
شکل۴-۷. میزان مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در مراحل تولید مس در صنعت مس کشور

همانطور که در شکل۴-۷ مشاهده می شود ۷۱٪ انرژی مصرفی حرارتی در مرحله ذوب و ۷۶٪ انرژی الکتریکی در مرحله تغلیظ مصرف می شود و دو مرحله تغلیظ و ذوب مراحل انرژی بر صنعت مس می باشند .

در نتیجه برای بهبود مصرف انرژی در صنعت مس کشور باید راهکارها و تکنولوژی هایی برای کاهش مصرف انرژی حرارتی در مرحله ذوب و راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی الکتریکی در مرحله تغلیظ ارائه گردد که این راهکارها در فصل دهم ارائه می گردد.

۴-۳-۴-۲. مقایسه میزان مصرف انرژی در صنعت مس ایران با کشور شیلی

در شکل۴-۸ به مقایسه‌ی میزان مصرف انرژی در مراحل مختلف تولید مس با کشور شیلی پرداخته است[۲۰].



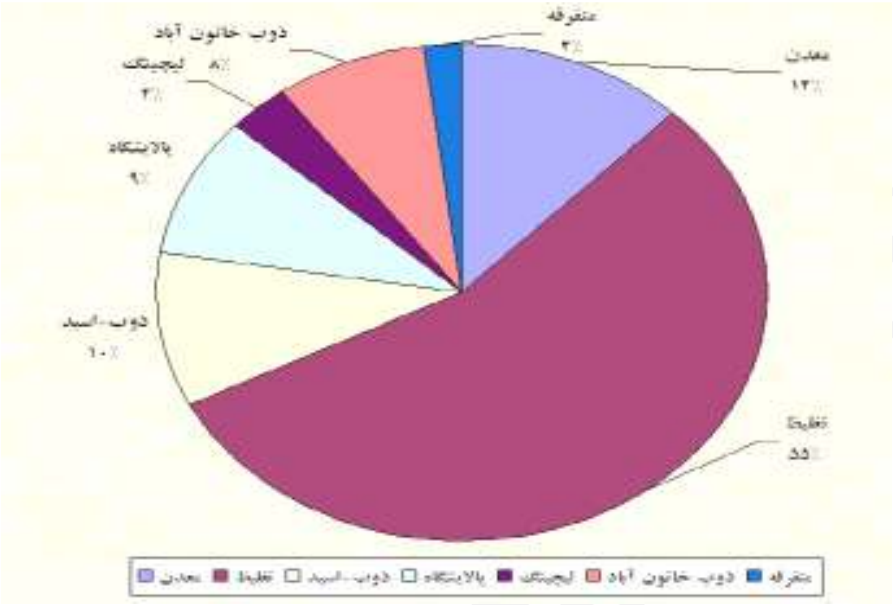
CochilCo		6764		239		4531		1097		3003		4531		13246
CochilCo		732		9066		3632		1266		10296		3632		14938
NICICO	0.00		37.6083		14200.4		0		0		10120.7		15929.3	
NICICO	6130.37		66.7928		3593.84		2.24649		153.492		370.43		10663.2	
NICICO	0.00		3410.33		5484.93		20.5603		2070.19		9676.46		17267.2	
NICICO	460.85		12148.4		1034.73		1600.97		14736		3346.95		17808	

شکل۴-۸. مقایسه MJ/t مس محتوی انرژی های مصرفی به تفکیک کارخانجات با شیلی در سال ۲۰۰۹ میلادی

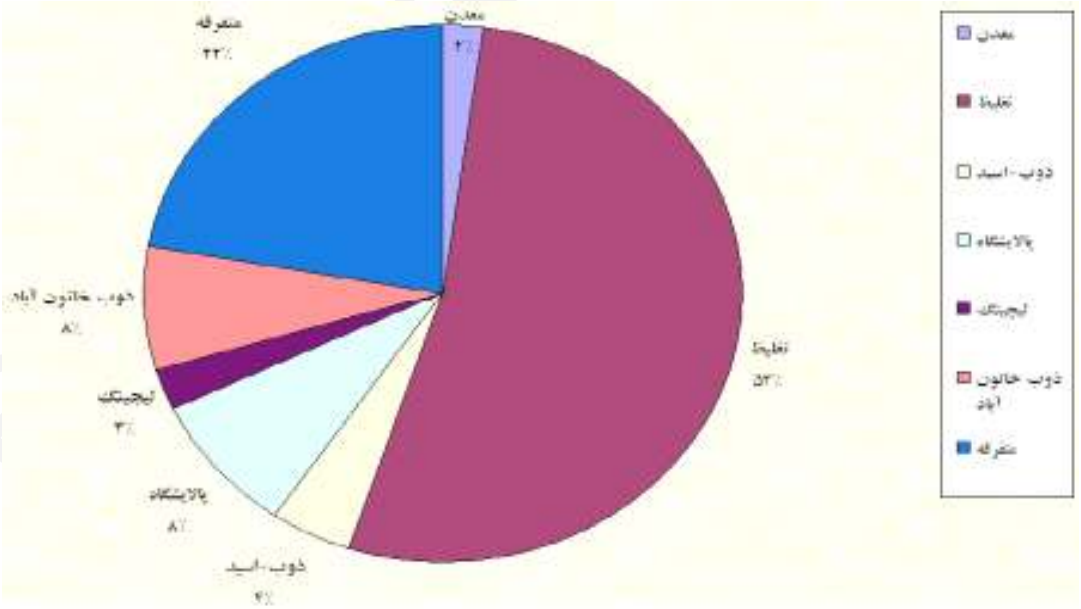
در صنعت تولید مس شیلی از تکنولوژی های جدیدتر و بهینه تر از لحاظ مصرف انرژی بهره گیری می شود همانطور که در شکل۴-۸ مشاهده می کنیم مصرف سوخت فسیلی در مراحل تغلیظ و ذوب تولید مس در ایران بالاتر از همین مراحل تولید در مس شیلی می باشد به دلیل اینکه در شیلی از کوره های فلش استفاده می کنند این در حالی است که در مس نمونه یک از کوره های ریورب استفاده می شود.

در کوره‌های فلش از انرژی گرمایی حاصل از واکنش گرمازای سوختن ترکیبات سولفیدی استفاده می‌شود. انرژی حاصل از سوخت ترکیبات سولفیدی برای ذوب استفاده می‌شود و در نتیجه مصرف انرژی در کوره فلش نسبت به روش قدیمی‌تر ریورب بسیار کمتر است.

در شکل۴-۱۰ و شکل۴-۱۱ سهم انرژی الکتریکی مصرفی در مراحل مختلف تولیـد مـس در سـال هـای ۸۸و۸۹ نمایش داده شده است[۲۰].

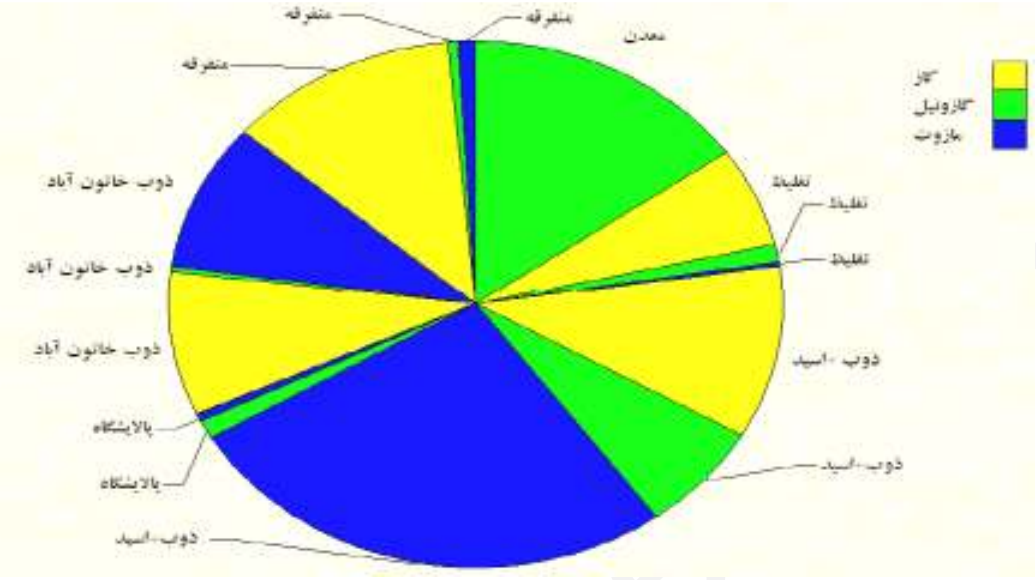


شکل۴-۱۰. سهم انرزی الکتریکی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۸

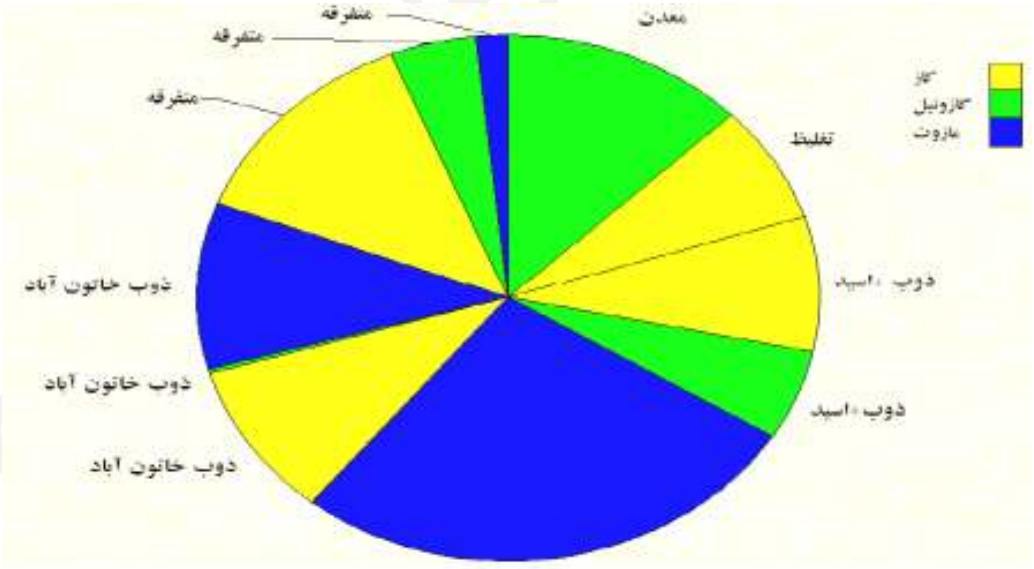


شکل۴-۱۱. سهم انرزی الکتریکی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۹

در شکل۴-۱۲ و شکل۳-۷ سهم انرژی های فسیلی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس در سال های ۸۸ و۸۹ مشخص شده است[۲۰].



شکل۴-۱۲. سهم انرژی های فسیلی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۸



شکل۴-۱۳. سهم انرژی های فسیلی مصرفی در مراحل مختلف تولید مس از فروردین لغایت اسفند ۸۹

۴-۳-۵. بررسی تاثیر هدفمند سازی یارانه ها بر مس

در ایران نیز با توجه به وجود ذخایر بالای مس، این صنعت به عنوان یکی از صنایع استراتژیک طی سالیان متمادی فعالیت داشته است. جدول۴-۱۲میزان مصرف انرژی به ازای هر تن تولید مس از ابتدای زنجیره تا انتهای تولید مس کاتد را نشان می‌دهد.

جدول۴-۱۲. میزان مصرف انرژی به ازای هر تن تولید مس از ابتدای زنجیره تا انتهای تولید مس کاتد

واحد	مصرف برق به ازای یک ماه	کیلو وات ساعت	مصرف برق به ازای تن در یک ماه	کیلو وات ساعت/ تن
معدن	۲،۲۰۴،۰۰۰	کیلو وات ساعت	132.2397355	کیلو وات ساعت/ تن
تغلیظ	۴۴،۷۹۷،۰۰۰	کیلو وات ساعت	2687.814624	کیلو وات ساعت/ تن
پالایشگاه	۹،۱۳۸،۰۰۰	کیلو وات ساعت	548.2789034	کیلو وات ساعت/ تن
لیچینگ	۳،۵۴۰،۰۰۰	کیلو وات ساعت	212.3995752	کیلو وات ساعت/ تن
اسید	۳،۵۴۶،۰۰۰	کیلو وات ساعت	212.7595754	کیلو وات ساعت/ تن
ذوب	۱،۷۹۸،۰۰۰	کیلو وات ساعت	107.8797842	کیلو وات ساعت/ تن
مهندسی	۲۰،۹۰۷،۰۰۰	کیلو وات ساعت	1254.417491	کیلو وات ساعت/ تن
خصوصی	۱،۷۸۴،۰۰۰	کیلو وات ساعت	107.0397859	کیلو وات ساعت/ تن
جمع	۸۷،۷۱۴،۰۰۰	کیلو وات ساعت	5262.829474	کیلو وات ساعت/ تن

شایان ذکر است عمده‌ترین حامل انرژی در تولید مس، انرژی الکتریکی است و بقیه حامل‌های انرژی، سهم بسیار کمتری نسبت به آن دارند. همان طور که مشاهده می‌شود، با توجه به فناوری تولید مس، متوسط میزان مصرف انرژی الکتریکی حدود ۵۲۰۰۰ کیلو وات ساعت است که در صورت اصلاح فناوری این میزان می‌تواند کاهش یابد. پس از هدفمندسازی یارانه‌ها علیرغم آزادسازی قیمت انواع حامل‌های انرژی بر، از وضعیت مناسب‌تری برخوردار بوده است. به طوری که در سال ۸۹ در بخش استخراج، از سه معدن بزرگ نمونه یک، نمونه دو و نمونه چهار وسایر معادن کوچک حدود ۱،۶ میلیون تن سنگ استخراج شده است که از این میزان که حدود ۸۹۰ هزار تن کنسانتره مس و ۲۲۱ هزار تن مس کاتدی تولید شده است. باتوجه به قدیمی بودن فناوری تولید مس در برخی از واحدهای بزرگ و فناوری جدید در برخی از واحدهای کوچک‌تر، امکان ادامه وضع موجود در قیمت‌های فعلی میسر بوده و مشکل جدی در کوتاه مدت متوجه این صنعت نخواهد بود[۱۲].

۴-۴. بازار

مس به عنوان یکی از فلزات پر کاربرد و مهم دنیا دارای مصارف زیادی در فعالیتهای ساختمانی، الکترونیکی، محصولات فلزی و ... می باشد.

بیشترین حجم تقاضای مس مربوط به صنایع ساختمانی بوده و تغییرات روند ساخت و ساز به شدت می

تواند تقاضای کلی مس را تحت تاثیر قرار دهد. بزرگترین کشورهای تولید کننده مس تصفیه شده در جهان عبارتند از چین،شیلی، ژاپن و بزرگترین مصرف کنندگان مس را نیز می توان کشورهای چین، آمریکا و آلمان برشمرد.

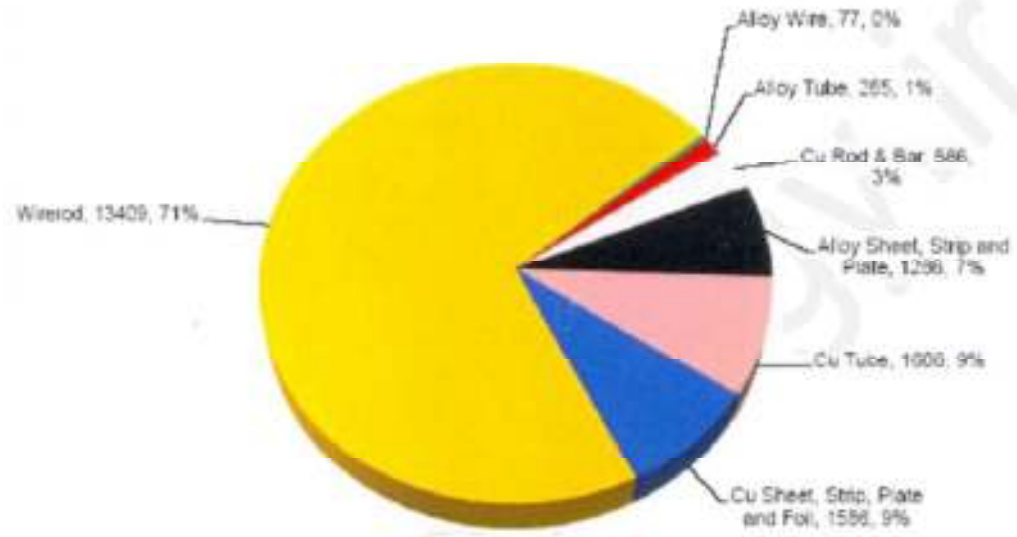
۴-۴-۱. بازارهای مصرف مس

مس و ترکیبات آن مانند فلزاتی نظیر جیوه و سرب خطرناک نبوده و تاکنون هیچ بیماری در اثر تماس با مس از افرادی که سالیان دراز با مس و ترکیبات آن کار می کنند، گزارش نشده است .در عوض، گاهی به اثرات مفید مس نظیر مقاومت در برابر سرماخوردگی و دیگر بیماری ها در این افراد اشاره شده است .امروزه برخی از کاربردهای مس در مصارف روزمره عبارتند از:

۱. سیم ها و لوله های مسی
۲. دستگیره های درب و سایر وسایل منزل
۳. مجسمه سازی
۴. آهنرباهای الکتریکی
۵. موتورهای الکترومغناطیسی
۶. موتور بخار وات
۷. کلیدها و تقویت کننده های الکتریکی
۸. لامپ های خلاءریال لامپ های پرتوی کاتدی و مگنترون های اجاق های مایکروویو
۹. هدایت کننده ی موج برای تشعشع مایکروویو
۱۰. کاربرد در IC ها (به علت خاصیت هدایت بهتر آن نسبت به آلومینیوم، کاربرد مس در IC به جای آلومینیوم رو به گسترش است.)
۱۱. به عنوان مواد اولیه برای ساخت سکه ها
۱۲. ساخت ظروف و وسایل آشپزی
۱۳. بخشی از لعاب سرامیکی و در رنگ آمیزی شیشه
۱۴. مالاکیت، کربنات مس سبز رنگی است که به وسیله آن ظاهر منحصر به فرد بام ها یا گنبدهای با پوشش مس روی بعضی ساختمان ها ساخته می شود.
۱۵. وسایل موسیقی، به خصوص سازهای بادی و سازهای سیمی
۱۶. به عنوان یک بیواستاتیک در بیمارستان ها و پوشاندن قسمت های مختلف کشتی برای حفاظت در برابر بارناکل ها و ماسل ها
۱۷. سولفات مس به عنوان سم کشاورزی و تصفیه کننده آب مورد استفاده قرار می گیرد.

۱۸. ترکیبات مس نظیر محلول فلینگ به صورت گسترده ای در تجزیه ی شیمیایی و آزمایش کردن شکر به کار می رود.

به طور کلی مس تصفیه شده در تولید سه گروه عمده محصولات مسی بکار می رود که در واقع اولین مرحله مصرف را تشکیل می دهند .این سه گروه عبارتند از :مفتول مس، محصولات مس و محصولات آلیاژی مس، شکل۴-۱۴ گویای این مطلب است که مفتول مسی بخش غالب محصولات اولیه مس را تشکیل می دهد.



شکل۴-۱۴. نمودار سهم مصرف مس تصفیه شده براساس نوع محصول

بازارهای مصرف مس به گروه های زیر دسته بندی می شوند .با گذر زمان و تغییرات تکنولوژی سهم هر یک از این بخش ها از مصرف تغییر می یابد.

۱- ساخت و ساز:

مقاومت بام های مسی علاوه بر جذابیت شان در برابر شرایط هوایی سخت، بسیار معروف است .در اکثر ساختمان های عمومی، ساختمان های تجاری و خانه ها از مس برای مقاومت در برابر آب باران و بام سازی استفاده می شود .مس و برنج موادی هستند که در لوله کشی، شیرهای آب، سئپاپ ها و وسایل منزل به کار می روند .مس برخلاف لوله پلاستیکی نمی سوزد، ذوب نمی شود یا در صورت بروز آتش، گازهای سمی یا زیان آور آزاد نمی کند . لوله های مس همچنین سیستم های آب رسانی در برابر باکتری های مرگبار نظیر Legionella محافظت می کند . دیگر مصارف مس در ساخت و ساز عبارت از سیستم های برودتی، گرمایشی و تهویه مطبوع، پوشش سقف و مصارف معماری می باشد.

۲- محصولات الکتریکی و الکترونیکی:

پیش بینی می شود بازار محصولات الکترونیکی به یکی از اجزاء مهم تقاضای مس تصفیه شده تبدیل شود . سرمایه گذاری و توسعه در گریدهای هوشمند، انرژی های تجدیدپذیر و خودروهای الکتریکی دوگانه سوز نیز به افزایش تقاضای مس تصفیه شده منجر خواهد شد.

۳- ماشین آلات و تجهیزات صنعتی:

آلیاژهای مس به خاطر دوام، قابلیت ماشین کاری و سایر توانایی هایشان برای انعطاف پذیری و دقت بالا برای ساخت محصولاتی نظیر دنده ها ، یاتاقان ها و تیغه های توربین مناسب اند. قابلیت ها و توانایی های فراوان مس برای انتقال گرما و مقاومت درمحیط های سخت آن را به انتخابی مناسب برای تجهیزات تبادل گرما، لوله ها و مخازن تحت فشار تبدیل کرده است .مقاومت در برابر خوردگی مس و آلیاژهای مس(نظیر برنج، برنز و مس– نیکل)آن ها را به خصوص برای استفاده در دریا و سایر محیط های دشوار مناسب کرده است .ظروف مخازن، لوله هایی که در معرض آب دریا هستند، پروانه کشتی ها، سکوهای نفتی و ایستگاه های برق ساحلی همگی به مقاومت مس در برابر خوردگی نیازمندند.

۴- حمل و نقل:

کلیه شکل های اصلی حمل و نقل برای اجرای نقش های حیاتی شان به مس وابسته اند .از آلیاژهای مس – نیکل برروی بدنه های قایق ها و کشتی ها برای کاهش پوسیدگی ناشی از آب دریا استفاده می شود و بدین طریق مقدار آب نشینی کشتی ها کاسته شده و مصرف سوخت بهبود می یابد.

همچنین دیگر موارد استفاده در این بخش شامل موتورها، سیم کشی ، رادیاتورها، اتصال دهنده ها، ترمزها و یاتاقان ها می باشد. امروزه در هر خودرو به طور میانگین در حدود ۲۷,۶کیلوگرم بکار برده شده است.

۵- مصارف عمومی:

ترکیبات مس کاربرد گسترده ای در کشاورزی دارند .سولفات مس به خاطر خاصیت ضدقارچی و ضد باکتریایی خود در کشاورزی، برای جلوگیری از فساد ذخایر و کنترل بیماری های جانوری استفاده می شود.

سولفات مس یا کات کبود با فرمول شیمیایی $CuSo_4.5H_2O$ بیشترین کاربرد را در بین نمک های مس داراست .در حال حاضر بیش از ۱۰۰ کارخانه تولید سولفات مس وجود دارد و سالانه 2,000,000 تن از آن مصرف می شود که 3.4 آن در کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد .از جمله سایر مصارف مس می توان به کاربرد این فلز در بخش متالوژی پودر، رنگ های صنعتی، تولید مواد و ترکیبات شیمیایی و ... اشاره نمود[۱۷].

۴-۵. فناوری

روش‌های تولید مس از سنگ معدن در صنعت، شامل دو روش عمده پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی می‌باشد. روش پیرومتالورژی شامل مراحل استخراج کانسنگ، پرعیارکردن، ذوب و ریخته گری آند و در نهایت

پالایش الکترولیزی و دستیابی به مس خالص می‌باشد. روش هیدرومتالورژی شامل مراحل استخراج کانسنگ، خردایش/آگلومراسیون، انحلال و پالایش است.

امروزه جهت‌گیری و رویکرد صنعت تولید مس به سوی روش‌های هیدرومتالورژی می‌باشد .این امر با توجه هزینه‌های سنگین مواد اولیه، سرمایه‌گذاری بالا، نیروی انسانی و وجود مشکلاتی نظیر آلودگی‌های زیست محیطی، مصرف بالای انرژی و عدم امکان استفاده مجدد از مواد مصرفی، روز به روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردد. تحولات و پیشرفت این رشته در صنعت متالورژی استخراجی، ناشی از سازگاری بیشتر این روش با محیط زیست و مصرف کمتر انرژی می‌باشد که گسترش آن مرهون کشف و ساخت حلال‌ها و رزین‌های آلی انتخابی و کاربرد میکروارگانیسم‌ها بوده است. آمار و اطلاعات گزارش شده نشان می‌دهد که با پیشرفت و توسعه فرایندهای هیدرومتالورژی در سال‌های اخیر، روند افزایش تولید مس و سایر فلزات پایه از این روش افزایش چشمگیری داشته است. به طوری که سهم تولید مس به کمک روش هیدرومتالورژی، از ۱۵ درصد در سال ۱۹۹۸ به ۲۰ درصد در سال ۲۰۰۳ افزایش یافته است و بررسی‌ها و پیش‌بینی‌هایی انجام شده توسط سازمان‌های معتبر بین‌المللی حاکی از استمرار روند صعودی تولید هیدرومتالورژی و کاهش تولید به روش پیرومتالورژی در سال‌های آینده می‌باشد[۱۲].

۴-۶. منابع انسانی

بیش از ۳۰ هزار نفر به صورت مستقیم و غیرمستقیم در صنعت مس کشور فعالیت دارند[۱۲].

۴-۷. منابع فیزیکی

واحدهای تولیدی در زنجیره مس را می‌توان در ۳ دسته کلی بر مبنای زنجیره تولید به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود: ۱- کنسانتره، ۲- مس کاتد و ۳- مقاطع

در حال حاضر طرح‌های در دست اجرای مقاطع مسی که پیشرفت فیزیکی آن‌ها بالای ۲۰ %می‌باشد شامل ۱۷ طرح با ظرفیت ۲۱۷،۰۰۰تن می‌باشد که اگر این طرح‌ها به ظرفیت واحدهای فعال محصولات پایین دستی مس اضافه شوند، قریب به ۷۰۰،۰۰۰ تن پتانسیل تولید مقاطع مسی در کشور خواهیم داشت. این موضوع بیانگر عدم توازن بین حلقه‌های زنجیره مس می‌باشد[۱۲].

۴-۸. منابع طبیعی

تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد، بخش‌هایی از لحاظ ذخایر معدنی بر روی کمربند مس جهان قرار گرفته است که از شمال غرب ایران شروع و تا جنوب شرق ادامه دارد. معادن زیر از مهم‌ترین معادن مس کشور می‌باشند:

نمونه یک: مجتمع مس نمونه یک در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غرب شهر یک و ۵۰ کیلومتری جنوب شهر چهار قرار دارد. ارتفاع این ناحیه از سطح دریا به طور متوسط ۲۶۰۰ متر و بلندترین نقطه آن ۳۰۰۰ متر است. با توجه به آخرین ارزیابی‌های زمین شناسی و بر اساس عیار حد 0.15 درصد، مجموع ذخایر قطعی و احتمالی این معدن برابر با ۱،۵۳۹ میلیون تن با عیار 0.58 درصد می‌باشد.

نمونه دو: مجتمه مس نمونه دو در فاصله ۴۲ کیلومتری شمال شرق نمونه هفت و ۱۳۲ کیلومتری معدن مس نمونه یک در استان شهر یک واقع شده است. مجموع ذخایر قطعی و احتمالی این معدن با عیار حد 0.15 درصد برابر با ۱۷۶ میلیون تن با عیار 0.61 درصد می‌باشد.

نمونه چهار: این مجتمع در استان شهر دو در ۱۳۰ کیلومتری شمال تبریز و ۳۰ کیلومتری شهرستان شهر پنج در یک ناحیه کوهستانی واقع شده است. مجموع ذخایر قطعی و احتمالی این معدن با عیار حد 0.15 درصد برابر با ۸۴۶ میلیون تن با عیار 0.61 درصد می‌باشد.

نمونه هفت: این مجتمع در استان شهر یک و در ۴۲ کیلومتری شمال شرق نمونه هفت و ۱۳۲ کیلومتری شمال غرب معدن مس نمونه یک قرار دارد. در حال حاضر این مجتمع دارای واحدهای فعال نظیر معدن و کارخانه تغلیظ مس نمونه دو و کارخانه ذوب مس نمونه هشت می‌باشد.

در جدول۴-۱۳ میزان ذخایر قطعی و احتمالی معادن عمده مس کشور آورده شده است.

جدول۴-۱۳. میزان ذخایر قطعی و احتمالی معادن عمده مس کشور

نام معدن	ذخیره قطعی و احتمالی (میلیون تن)	عیار متوسط (درصد)
چیزه (اکسیدی)	۱۲	۱,۵
تخت گنبد	۵۵	۰,۵۶
نمونه یک	۱۵۳۸	۰,۵۸
نمونه هفت	۱۷۶	۰,۶۱
نمونه چهار	۸۴۶	۰,۶
چهل کوره	۵,۶	۱,۲۷
درآلو	۱۸۶,۱	۰,۳۶
چاه فیروزه	۱۴۹,۱	۰,۴۱
ایجو	۷۳,۸۶	۰,۳
چاه مسی	۰,۸۹	۱,۶۵
نمونه سه	۱۳۴,۳	۰,۴۲
تفت	۱۳۰	۰,۴
نوچون	۵۲۷	۰,۲۶
مسجد داغی	۲۰۴,۸۵	۰,۳
کهنگ	۳۸,۷۴	۰,۵۹
هفت چشمه	۱۵۵	۰,۳۲

ردیف	نام کانسار	منطقه	ذخیره و عیار	توضیحات
۱	نمونه یک	شهر یک	۱/۲ میلیارد تن با عیار میانگین ۰/۷٪ مس	عیار مولیبدن ۳۰۰ppm، طلا ۲۷۰ppm و نقره ۳/۰۹ppm
۲	نمونه دو	شهر یک	۱۷۰ میلیون تن با عیار ۰/۸۳٪	
۳	نمونه سه	شهر یک	۱۴۳ میلیون تن با عیار ۰/۴۴٪	عیار مولیبدن ۵۰۰ppm، سوپرژن نامشخص و محدود اما حجم باطله برداری کم است.
۴	نمونه چهار	شهر دو	ذخیره قطعی ۷۹۶ میلیون تن با عیار ۰/۶۱٪	عیار مولیبدن حدود ۲۰۰ ppm، ذخیره اصلی نمونه چهار در زون هیپوژن بوده و ذخیره سوپرژن ناچیز و محدود است.
۵	نمونه پنج	تفت	۲۵ میلیون تن با عیار ۰/۷۸٪	
۶	نمونه شش	زاهدان	۸ میلیون تن با عیار ۰/۸٪	

با توجه به وجود منابع غنی سنگ مس در کشور، وجود نیروی انسانی متخصص، نزدیکی به بازار مصرف، محصولات جانبی با ارزش که در حین فرایند تولید مس خالص بدست می‌آیند، سرمایه‌گذاری در صنعت مس ایران از توجیه اقتصادی بالایی برخوردار می‌باشد به نحوی که در شرایط مطلوب تولید و فروش، نرخ بازده داخلی (IRR)به عدد ۳۰٪ میل می‌کند که در صنایع مادر عدد قابل توجهی می‌باشد[۱۲].

۴-۹. تجارت خارجی

صادرات مس در قالب محصولاتی مانند مس کاتد، کنسانتره مس، کنسانتره مولیبدن، فرومولیبدن، کنسانتره طلا و نقره، مفتول مسی و لوله مسی صورت می‌گیرد. که مقادیر وزنی و ارزش دلاری آن‌ها در سال‌های گذشته در جدول۴-۱۴ آورده شده است[۱۲].

جدول۴-۱۴. مقادیر وزنی و ارزش دلاری صادرات مس در قالب محصولات آن

سال	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰ (شش ماهه نخست)
مقدار وزنی (رندشده)	۴۶۰، ۰۰۰ تن	۳۴۵، ۰۰۰تن	۱۵۰، ۰۰۰ تن
ارزش دلاری (رندشده)	۱ دلار، ۳۰۰، ۰۰۰، ۰۰۰	۱ دلار، ۳۸۰، ۰۰۰، ۰۰۰	۶۰۰، ۰۰۰، ۰۰۰ دلار

فصل پنجم:
جمع‌بندی سوابق مدیریت انرژی در واحدهای صنعتی

۵-۱. مفاهیم مدیریت انرژی

مدیریت انرژی، فعالیتی در راستای کاهش هزینه‌های کلی به ازای واحد تولید محصول و کاهش هزینه‌های انرژی و کاهش تولید گازهای گلخانه بطور همزمان و تنظیم و بهینه نمودن سیستم‌های انرژی در راستای کاهش هزینه‌های انرژی به ازای واحد خروجی از کارخانه می‌باشد.

۵-۲. اهداف واحد مدیریت انرژی

مدیریت انرژی از مهمترین‌ضرورتهای افزایش بهره‌وری محسوب می‌گردد که می‌توان اهدافزیر رابرای آن‌برشمرد:

- استفاده بهینه و منطقی از منابع طبیعی
- کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش هزینه تأمین انرژی
- کاهش سهم هزینه انرژی در قیمت تمام شده محصولات
- مقابله با آلودگی‌های زیست‌محیطی
- کمک به امنیت عرضه و تقاضای انرژی
- کمک به افزایش عمر ذخایر انرژی
- کمک به توسعه اقتصادی، اجتماعی

شایان ذکر است مدیریت انرژی در صنایع به واسطه نقش عمده این بخش در مصرف انرژی، وجود پتانسیل‌های صرفه‌جویی در صنعت و آمادگی آن برای پذیرش ضوابط مدیریت انرژی بسیار حائز اهمیت است.

مدیریت وظیفه‌ای است ستادی که شامل موارد زیر می‌باشد:

- برنامه‌ریزی : تنظیم برنامه عملیاتی، تشخیص موانع و مشکلات، راه حل یابی، بررسی و تجزیه و تحلیل

آماده‌سازی‌های فرهنگی

- سازماندهی : تقسیم کار، طبقه‌بندی وظایف
- هماهنگی : ایجاد موازنه بین وظایف برای دستیابی به هدف مشترک
- رهبری : هدایت فعالیتها، ایجاد محرکه‌های مؤثر برای تحقق هدف، وفق دادن فرهنگی فعالیتها و افراد
- مطابقت و سنجش نتایج با برنامه‌های تنظیم ضوابط و موازین کنترل، به صدا در آوردن زنگهای خطر

عوامل مهم در مدیریت انرژی که بایستی به آنها توجه شود عبارتند از:

- خرید انرژی با مناسب ترین قیمت ممکن
- اداره امور انرژی با بازدهی بالا و سرمایه‌گذاری لازم در این راستا
- دسترسی به تکنولوژی مناسب و بجا در هر صنعت

مراحل مختلف مدیریت انرژی در جدول۵-۱ نشان داده شده است.

جدول۵-۱. مدیریت انرژی

۱- مرحله اولیه	مدیریت کمیته مدیریت انرژی هماهنگ کننده مدیریت
۲- مرحله ممیزی و تجزیه و تحلیل	بررسی عملکرد گذشته ممیزی انرژی تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی ارزیابی اقتصادی
۳- مرحله تکمیلی	اهداف کاربرد اصول مدیریت انرژی سرمایه‌گذاری‌های بزرگ پی گیری برنامه

۵-۳. ضرورت واحد مدیریت انرژی در صنایع مس ایران

واحد مدیریت انرژی در صنایع مس صرفه‌جویی انرژی را از جنبه‌های رفتاری به جهت مطلوب سوق می‌دهد. واحد مدیریت انرژی، لازمه سیاست‌گذاری و تعیین خط‌مشی برنامه‌های جامع انرژی در این صنعت است. این واحد، موجب می‌شود که افراد، تعهداتی را در جمع و یا در مقابل دیگران بپذیرند و در این ارتباط، انگیزه‌های غیرمادی لازم برای اجرای تعهدات، تحریک گردد. در عین حال، مشارکت در این واحد، (چنانچه آموزشهای لازم

در مورد انرژی به کارکنان داده شده باشد) مرجع بسیار مؤثری برای دستیابی به نظرات و ایده‌های عملی جدید در مورد صرفه‌جویی انرژی است. برای حصول اطمینان از عملکرد مفیدتر و مؤثرتر واحد مدیریت انرژی، مشارکت دوستانه و هم‌سطح کارکنان در تبادل‌نظرها و سوق دادن مباحث به سؤالات مشخص، ضروری است. این واحد می‌بایست دارای استقلال و پرسنل مجرب به تعدادکافی برای اجرای وظایف خود باشد و مدیر آن، رابطه نزدیک و بلاواسطه با مدیرصنایع مس داشته باشد و در عین حال بتواند از خدمات مشورتی سایر بخش‌ها استفاده کند.

۵-۴. مدیریت انرژی و ساختار آن در صنایع مس ایران

دستور تشکیل واحد مدیریت انرژی مستقیماً توسط مدیر کارخانه مس صادر شده و ایشان بایستی به فعالیت در جهت کاهش مصرف انرژی اعتقاد کامل داشته باشند. داشتن اعتقاد کافی از طرف مدیریت و پرسنل کارخانه‌های صنایع مس، اکثریت فعالیت‌های واحد موردنظر را به سمت تعالی سازمان سوق خواهد داد.

اعضاء واحد مدیریت انرژی و رئیس آن، توسط مدیریت منصوب گردند. رئیس واحد، علاوه بر هدایت کلی فعالیتهای واحد، مسئول انتقال اطلاعات به مدیریت نیز می‌باشد. رئیس واحد با توجه به دارا بودن وقت کافی برای فعالیت در راستای اهداف واحد مدیریت انرژی، در قبال مسئولیتی که بعهده دارد از قدرت اداری و اجرایی کافی برخوردار باشد.

اعضاء واحد مدیریت انرژی با توجه به وسعت کارخانه‌های صنایع مس از افرادی فارغ از مسئولیت‌های اجرایی متداول کارخانه انتخاب شوند تا بتوانند بطور متمرکز ضمن جمع‌آوری اطلاعات انرژی، تحلیل‌های لازم را انجام داده و اطلاعات سودمند انرژی واحد را به مدیریت و بالعکس منتقل کنند. مسئولیت کلیه اعضاء واحد مدیریت مشخص شده و برای پیگیری فعالیتها، فرد مسئول تعیین گردد. لازم به ذکر است در هر یک از کارخانه‌های صنایع مس کمیته انرژی، متشکل از مدیران یا نمایندگانی از واحدهای مختلف زیر مجموعه واحد مدیریت انرژی تشکیل شده که تحت نظارت مدیرعامل کارخانه بوده و به صورت کامل با واحد مدیریت انرژی صنایع مس در ارتباط می‌باشد. این کمیته، کارخانه مطبوع خویش را جهت نیل به اهداف بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع مس یاری می‌دهد.

۵-۵. مبانی استقرار واحد مدیریت انرژی درصنایع مس ایران

انرژی از دیرباز و خصوصاً در قرن اخیر، نقش ویژه‌ای در پیشرفت صنعتی و تکنولوژی کشورها داشته است. در دهه‌های اول قرن بیستم، کشورهای جهان در مصرف انرژی با یکدیگر رقابت نموده و تنها به فکر توسعه سریع تکنولوژی و رشد اقتصادی برای دستیابی به رفاه بیشتر در جامعه بودند، اما بروز بحران‌های نفتی در دهه ۷۰ میلادی و نگرانی‌های مربوط به مسائل آلودگی محیط زیست در دهه‌های ۸۰ و ۹۰، کشورهای صنعتی را بر آن

داشت که خط‌مشی‌های خود را در زمینه انرژی مورد بررسی قرار دهند. در این راستا سازمان‌های بزرگی نظیر آژانس بین المللی انرژی[12] در کشورهای پیشرفته، سازمان بهره‌وری آسیائی[13]در کشورهای در حال توسعه و مؤسسات کوچک و بزرگ دیگر تشکیل شدند که هدف آنها مدیریت صحیح در خصوص مسئله انرژی است. هدف اصلی این سازمان‌ها، کاهش و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کنترل عرضه و تقاضای انرژی، کاهش انتشار گازهای آلاینده و... است. با توجه به کاهش ذخایر انرژی و افزایش بی‌رویه آلودگی محیط زیست، بهینه‌سازی در مصرف انرژییکی از ضرورت‌های اساسی است که باید اقدامات جدّی در این زمینه صورت گیرد.

هر چند در حال حاضر، سازمان‌ها و شرکت‌های دولتی و خصوصی مختلفی در سطح دنیا تشکیل شده که کاهش مصرف انرژی در بخش‌های گوناگون را دنبال می‌کنند، ولی باید به این نکته نیز اشاره کرد که انجام روش‌های کاهش مصرف انرژی و مهار مصرف بی‌رویه آن در بخش صنعت، بدون برپایی واحد مدیریت انرژی در صنایع بزرگ و به نحوی در صنایع کوچک عموماً امکانپذیر نمی‌باشد.

۵-۵-۱. مدیریت انرژی و ساختار آن در صنایع مس ایران

دستور تشکیل واحد مدیریت انرژی مستقیماً توسط مدیر کارخانه مس صادر شده و ایشان بایستی به فعالیت در جهت کاهش مصرف انرژی اعتقاد کامل داشته باشند. داشتن اعتقاد کافی از طرف مدیریت و پرسنل کارخانه‌های صنایع مس، اکثریت فعالیت‌های واحد موردنظر را به سمت تعالی سازمان سوق خواهد داد.

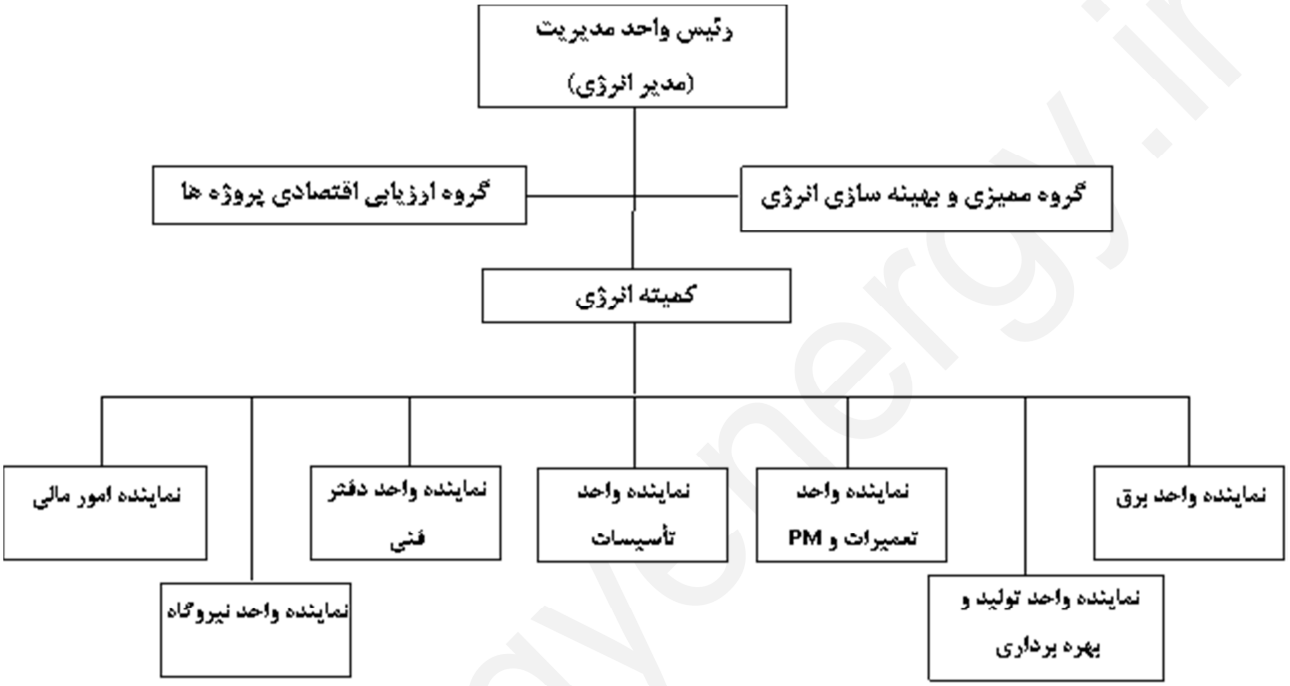
اعضاء واحد مدیریت انرژی و رئیس آن، توسط مدیریت منصوب گردند. رئیس واحد، علاوه بر هدایت کلی فعالیتهای واحد، مسئول انتقال اطلاعات به مدیریت نیز می‌باشد. رئیس واحد با توجه به دارا بودن وقت کافی برای فعالیت در راستای اهداف واحد مدیریت انرژی، در قبال مسئولیتی که بعهده دارد از قدرت اداری و اجرایی کافی برخوردار باشد.

اعضاء واحد مدیریت انرژی با توجه به وسعت کارخانه‌های صنایع مس از افرادی فارغ از مسئولیت‌های اجرایی متداول کارخانه انتخاب شوند تا بتوانند بطور متمرکز ضمن جمع‌آوری اطلاعات انرژی، تحلیل‌های لازم را انجام داده و اطلاعات سودمند انرژی واحد را به مدیریت و بالعکس منتقل کنند. مسئولیت کلیه اعضاء واحد مدیریت مشخص شده و برای پیگیری فعالیتها، فرد مسئول تعیین گردد. لازم به ذکر است در هر یک از کارخانه‌های صنایع مس کمیته انرژی، متشکل از مدیران یا نمایندگانی از واحدهای مختلف زیر مجموعه واحد مدیریت انرژی تشکیل شده که تحت نظارت مدیرعامل کارخانه بوده و به صورت کامل با واحد مدیریت انرژی صنایع مس در ارتباط می‌باشد. این کمیته، کارخانه مطبوع خویش را جهت نیل به اهداف بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع مس یاری می‌دهد

[12] *International Energy Agency*
[13] *Asian Productivity Organization*

۵-۵-۲. ساختار پیشنهادی واحد مدیریت انرژی صنایع مس ایران

ساختار سازمانی واحد مدیریت انرژی برای صنایع مس ایران بر مبنای اطلاعات در دسترس از کارخانه‌های صنایع مس مطابق شکل۵-۱ پیشنهاد می‌گردد.



شکل۵-۱. ساختار سازمانی واحد مدیریت انرژی برای صنایع مس ایران

۵-۵-۳. شرح وظایف فعالیت‌های واحد مدیریت انرژی کارخانه‌های صنایع مس

- برگزاری جلسات بحث و مشاوره با کارمندان و پرسنل واحدهای مختلف درباره دیدگاه‌ها، پیشنهادها، فعالیت‌ها و برنامه‌های مختلف در زمینه صرفه‌جویی در مصرف انرژی.
- این جلسات برای پرسنل واحدهای مختلف می‌تواند بطور جداگانه برگزار گردد و در آن از نظرات کلیه پرسنل در راستای کاهش مصرف انرژی استفاده شود؛ که در تحریک و ایجاد انگیزه در کارکنان، نقش مؤثری دارد.
- تهیه فهرستی از کارکنان و کارمندان موردنیاز برای استفاده از آنها در طرح‌های ممیزی انرژی و بهینه‌سازی مصرف آن و سازماندهی آنها.

- این سازماندهی در موارد ضروری برای انجام ممیزی انرژی، اجرای طرحهای بهینه‌سازی مصرف انرژی و یا تهیه گزارش‌های مربوط به انرژی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- ایجاد انگیزه در کارکنان جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی.
- به این نکته باید توجه داشت که هیچ برنامه مدیریت انرژی بدون حمایت کارکنان، چندان نافذ نخواهد بود؛ لذا باید به شکل‌های مختلف از قبیل تشویق و ترغیب در کارکنان، انگیزه کاهش در مصرف انرژی را بالا برد.
- آموزش و دادن آگاهی به کارکنان.
- ارائه برنامه‌های آموزشی در رابطه با مدیریت انرژی و استفاده بهینه از آن، نقش مؤثری در مصرف انرژی دارد. جلسات آموزشی می‌تواند بطور مستمر، با برنامه‌ریزی واحد مدیریت انرژی، برای واحدهای مختلف بطور جداگانه برگزار گردد.
- همکاری با سازمان‌های مختلف اجتماعی (کلوپ‌ها، سازمانها، انجمنهای فنی، شورای شهر و...) به منظور ترویج فرهنگ مدیریت انرژی.
- ترسیم نقشه عملیاتی به منظور ارائه دورنمای فعالیت‌های صرفه‌جویی انرژی.
- با در نظر گرفتن سیاست‌های کلان انرژی و سیاستهای قانون بودجه سالانه و برنامه‌های پنج ساله و همچنین با توجه به اهداف و برنامه‌هایکوتاه‌مدت و بلندمدت صنایع مس، دورنمای فعالیت‌های صرفه‌جویی انرژی، مشخص شده و جهت رسیدن به حالت مطلوب برنامه‌ریزی می‌گردد. در این راستا اطلاع از قوانین و اعمال محدودیتها در جهت رعایت شاخص‌های مصرف انرژی از طرف سازمان‌های دولتی نظیر سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت، ضروری به نظر می‌رسد.
- توسعه و مدیریت برنامه‌های بهره‌وری انرژی در سطح اپراتوری.
- توسعه و بهبود تکنولوژی تجهیزات انرژی‌بر، با دیدگاه صرفه‌جویی انرژی و ملاحظات زیست‌محیطی.
- کنترل مصارف انرژی واحداز طریق جمع‌آوری و ارزیابی داده‌ها و پارامترهای عملکرد در تجهیزات و واحدها.
- تعیین فعالیت‌های صرفه‌جویی انرژی و بهینه‌سازی مصرف سوخت و اولویت‌بندی آنها.
- کلیه فعالیت‌های صرفه‌جویی که از طرق مختلف مطرح می‌شود، عنوان شده و اولویت‌بندی می‌گردد.
- آگاه نمودن مدیریت و پرسنل کارخانه‌های صنایع مس از آخرین پیشرفت‌های انجام شده در زمینه برنامه‌های صرفه‌جویی انرژی و فعالیت‌های صورت گرفته در داخل و کشورهای دیگر.
- سازمان‌دهی و تشکیل یک گروه کاری برای نظارت، ارزیابی و تهیه گزارش از برنامه‌های صرفه‌جویی انرژی.

- مشاوره و استفاده از توانائی‌های شرکت‌های دولتی و خصوص، دانشگاهها و مراکز آموزش عالی در پروژه‌های ممیزی انرژی و راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی.
- در این خصوص پروژه‌های ممیزی انرژی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در این واحد مدیریت طبقه‌بندی شده و در پاره‌ای از موارد، ممیزی انرژی توسط گروه‌های کاری انتخاب شده از طرف واحد مدیریت انرژی انجام می‌گردد. البته برای انجام ممیزی انرژی در پاره‌ای از موارد، اندازه‌گیری‌ها و تحلیل‌های ویژه‌ای لازم است که برای انجام آن باید از امکانات شرکت‌های مشاور استفاده کرد. این کار با پیشنهاد واحد مدیریت انرژی و بستن قرارداد با یک شرک مشاور که مجهز به وسایل اندازه‌گیری بوده و تجربه کافی در این زمینه دارد، انجام می‌شود. در این حالت نتایج حاصل از ممیزی انرژی و گزارش‌های ارائه شده از طرف شرکت مشاور در واحد مدیریت انرژی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

گروه ارزیابی فنی و اقتصادی پروژه ها:

این گروه متشکل از چند کارشناس ارشد برق، مکانیک و بهره بردار، صنایع و اقتصاد انرژی بوده که توسط کمیته انرژی تعیین می گردند. وظایف این گروه به شرح زیر می باشد:

- بررسی کارشناسانه روی پروژه های بهینه سازی انرژی که از طرف کمیته انرژی محول می گردد.
- پی گیری و اخذ اطلاعات فنی لازم برای تحلیل کاملتر پروژه های در دست بررسی
- ارتباط و مذاکره با تیم ممیزی انرژی
- انجام تحلیلهای امکان سنجی اقتصادی اجرای پروژه های تائید شده از نظر فنی
- برآورد هزینه های اجرای پروژه ها و تحلیلهای اقتصادی در رابطه با زمان بازگشت سرمایه
- ارائه گزارش فعالیتها به کمیته انرژی

گروه ممیزی و بهینه سازی انرژی:

ممیزی انرژی یک ابزار بسیار کارآمد در تعیین وشفاف نمودن خط مشی برنامه های جامع مدیریت انرژی درواحد می باشد. در حقیقت ممیزی انرژی با معرفی پتانسیل های صرفه جوئی و بازیافت انرژی ، فرصتهای بهینه سازی ، امکان برنامه ریزی مناسب در راستای کاهش هزینه های انرژی وشناخت راهکارهای امکانپذیر صرفه جوئی انرژی از نظر فنی و اقتصادی (با اولویت بندی) را برای مدیران انرژی فراهم می آورد.

گروه ممیزی انرژی عمدتا ازکارشناسان یک شرکت مشاور تشکیل شده که لازم است درکنار گروه ممیزی انرژی برخی از پرسنل و کارشناسان کارخانه با نظر کمیته انرژی حضور داشته باشند. شرح وظایف این گروه عبارتند از:

- تعیین نوع و میزان مصارف و اتلافهای انرژی

- شفاف نمودن هزینه های حاملهای انرژی
- آماده سازی دیاگرامهای بالانس انرژی
- تجزیه و تحلیل راهکارهای صرفه جوئی انرژی
- توسعه و بهبود تکنیکهای اپراتوری
- توسعه کاربرد سیستمهای مدیریت اطلاعات (MIS) با در نظر گرفتن پارامترهای انرژی
- به کارگیری مناسب تجهیزات و تکنولوژی جدید
- انجام تحلیلهای فنی و اقتصادی راهکارهای امکانپذیر جهت صرفه جوئی در مصرف انرژی و اولویت بندی آنها
- ارتباط مستمر با کمیته انرژی و برگزاری جلسات مختلف جهت انتقال اطلاعات
- ارائه پروژه های مختلف در رابطه با کاهش مصرف انرژی به کمیته انرژی

گروه آموزش و فرهنگ سازی

پیاده کردن وبه عینیت رساندن فرهنگ مصرف بهینهٔ انرژی ازطریق سیاست گذاریهای صحیح وهمه گیر و ایجاد ارتباط مابین سطوح مختلف پرسنل برای انتقال تجارب و اطلاعات از جمله فعالیتهای لازم در راستای کاهش مصرف انرژی می باشد که توسط گروه آموزش و فرهنگ سازی انجام می گیرد. از جمله فعالیتهای این گروه عبارتند از:

- بالابردن سطح فرهنگ مصرف صحیح انرژی با ارائه سمینارهای مختلف در کلیه سطوح کارکنان
- گسترش فرهنگ تبادل نظر و ارتباط و انتقال اطلاعات بین کارکنان
- ارائه طرحهای مختلف فرهنگ سازی و دوره های آموزشی به مدیر یا گروه مدیریت انرژی
- برنامه ریزی و سازماندهی دوره های مختلف تائید شده توسط مدیر یا گروه مدیریت انرژی

۵-۶. مس نمونه یک

امور مهندسی مس نمونه یک در راستای خط مشی شرکت ملی صنایع مس ایران، ضمن انجام فعالیتهای روزمره و جاری، اهم اهداف و برنامه های عملیاتی و اجرایی را برای حداکثر سه سال آینده با توجه به رسالت اصلی تولید و توزیع حاملهای انرژی، خدمات فنی و مهندسی و با تاکید بر حاکمیت اخلاق در امور مهندسی، افزایش بهره‌وری، استاندارد سازی فعالیتهای تعمیراتی و عملیاتی، بهبود روشها، بهینه سازی مصرف انرژی و هزینه‌ها تدوین و برنامه‌ریزی نموده است. امید می‌رود با انجام این فعالیتها علاوه بر جلب بیش از پیش رضایت

امورهای مختلف مجتمع و همچنین تداوم در تولید و توزیع انرژی، گامی مثبت در جهت پیشبرد اهداف شرکت ملی صنایع مس ایران برداریم.

۵-۶-۱. بهره وری

برون سپاری فعالیتهایی که باعث افزایش بهره وری نیروی انسانی میشود.

۱. راهبری تعمیرات و نگهداری جرثقیلهای عملیاتی ذوب و پالایشگاه به بخش خصوصی
۲. تغییر روش تعمیرات تجهیزات معدنی
۳. واگذاری تاسیسات حرارتی و برودتی ساختمانهای اداری داخل مجتمع به بخش خصوصی
۴. واگذاری تاسیسات برقی شهرک و خدمات برق شهر به برق منطقه ای

۵-۶-۲. ارج نهادن به نیروی انسانی

۱. افزایش سطح دانش و آگاهی پرسنل از طریق آموزش
۲. افزایش سطح دانش و آگاهی پرسنل تعمیرات جامدات نسبت به کارهای جاری واحد
۳. افزایش دانش و آگاهی اپراتورهای سرباره‌کش از طریق آموزش
۴. کاهش وزن فن‌های سقفی پالایشگاه
۵. توسعه دامنه فعالیت های واحدکالیبراسیون
۶. آموزش حین کار پرسنل واحد عملیات در ارتباط با بهره برداری صحیح و کاهش زمان برق دهی اضطراری به مجتمع در مواقع تریپ شبکه

۵-۶-۳. افزایش بهره‌وری تجهیزات

۱. اجرای برنامه پیشگیرانه تعمیرات و نگهداری جرثقیل های عملیاتی امور ذوب و پالایشگاه با اندازه گیری ارتعاشات
۲. کاهش توقفات جرثقیل‌های صد تن ذوب
۳. کاهش توقفات جرثقیل‌های عملیاتی پالایشگاه
۴. کاهش توقفات EM کرن ۷۵ تن A
۵. کاهش توقفات EM کرن ۷۵ تن B
۶. استفاده بهینه از کمپرسورهای سیار
۷. اصلاح سرویس PM برای کلیه ماشین آلات دیزلی که کارکرد مداوم ندارند

۸. کاهش قطع برق کارخانه فرومولیبدن و فیدر آبرسانی
۹. افزایش ضریب اطمینان خط هوایی تغذیه کننده ترانسفورماتورهای آبرسانی
۱۰. افزایش دسترسی به خط هوایی انشعاب تونل و کاهش قطعی خط هوایی سد رسوبگیر به صفر
۱۱. تهیه دستورالعمل نحوه اجرای پروژه مدیریت الکتروموتورها
۱۲. افزایش ضریب اطمینان ترانسهای کولینگ تاور و فیدرهای تغذیه شهر نمونه یک به میزان دو برابر
۱۳. پیاده سازی نظام اجرای فعالیت‌های EM, PM بر روی رله‌های نیومریکال مجتمع
۱۴. جلوگیری از قطعی کلی برق مجتمع مس نمونه چهار
۱۵. ارتقای کیفیت تعمیر بالشتک‌های معدنی
۱۶. بهینه سازی سیستم توزیع برق باسکول‌ها ، اداره فروش ، کنترل مرکزی ، مهندسی سازهکارگاه آبرسانی ، کارگاه طرح توسعه ذوب
۱۷. بهینه سازی سیستم توزیع برق انبارهای سریدون
۱۸. به صفر رساندن خاموشی‌های کلی شبکه توزیع برق ذوب مس و آبرسانی نمونه هشت
۱۹. کاهش میزان توقفات جرثقیل‌های صد تن ناشی از خرابی پکیج یونیت‌های صد تن
۲۰. برنامه ریزی جهت سرویس اساسی دستگاههای ترا ش و فرز کارگاه ساخت
۲۱. افزایش ظرفیت کندانسور اضطراری نیروگاه حرارتی از شرایط موجود (۴۰٪ طرح) به دو برابر شرایط موجود (۸۰٪ طرح)
۲۲. افزایش طول عمر اکچویتورهایITT ازیک سال به یک سال و نیم
۲۳. کاهش ۵۰ ٪ تعداد توقفات بلاورها ، ناشی از بروز عیب در مانیتور ارتعاشات
۲۴. ساخت روتور توربین نیروگاه حرارتی جهت افزایش راندمان تولید برق
۲۵. پروژه حذف رطوبت هوای فشرده تولیدی نیروگاه با سیستم جذبی
۲۶. زدودن رسوبات خط لوله انتقال آب نمونه هشت ، نمونه یک و خطوط داخلی کارخانه اکسیژن و محافظت از آنها با استفاده از متدلوژی حلقه‌های مروس (ارتعاش مولکولی)
۲۷. ایجاد امکان شارژ سیلندر اکسیژن در کارخانه اکسیژن
۲۸. کوتاه نمودن پروسه راه‌اندازی واحدها در کارخانه اکسیژن قدیم
۲۹. تولید نیتروژن مایع در کارخانه اکسیژن جدید در مواقع اضطراری
۳۰. استفاده بهینه از نیتروژن تولیدی کارخانه اکسیژن جدید

۵-۶-۴. استاندارد سازی

بازنگری و بهبود سیستم‌های مدیریتی

۱. استقرار استانداردISO17025 در آزمایشگاه کالیبراسیون
۲. اخذ گواهینامه از موسسه استاندارد صنعتی برای پارامترهای تجهیزات مرجع کالیبراسیون در بخش‌های دما، فشار، ابعاد، جرم و الکتریک
۳. استقرار استانداردISO 17020 در اداره بازرسی

۵-۶-۵. استاندارد سازی و مستند سازی فعالیتهای تعمیراتی و عملیاتی

۱. مستندسازی و تهیه دستورالعمل جهت کلیه فعالیت های تعمیراتی PM، EM، CM
۲. شناسایی و بکارگیری استانداردهای جدید در طی اجرای فعالیت‌های PM، EM، CM
۳. مستند نمودن کلیه فعالیت‌های کارگاه الکترومکانیک
۴. مستند سازی و تهیه دستورالعمل انجام کار با دستگاههای سنگین تراش در کارگاه ساخت
۵. تهیه استانداردهای کالیبراسیون برای تجهیزات اندازه گیری در بخش های دما، فشار، ابعاد، جرم و الکتریک
۶. تهیه دستورالعملهای کالیبراسیون برای تجهیزات اندازه‌گیری در بخش‌های دما، فشار، ابعاد، جرم و الکتریک
۷. تهیه استانداردها و دستورالعمل‌های تعمیراتی دستگاه های کلیدی تحت کنترل اداره ابزار دقیق
۸. تهیه دستورالعمل های اجرایی کالیبراسیون توربین های گازی (اسپید ترونیکMARK II)
۹. تهیه دستور العمل استاندارد نحوه نصب تجهیزات بهداشتی
۱۰. تهیه دستور العمل استاندارد جهت انشعاب گیری جدید از شبکه توزیع سوخت گازی مجتمع (در حوزه کاری اداره تاسیسات)
۱۱. تهیه دستورالعمل تعمیرات تجهیزات تاسیساتی

۵-۶-۶. بهبود روشها

۵-۶-۶-۱. بهبود و اصلاح فرآیند ها

۱. راه اندازی سیستم ثبت و کنترل دما و رطوبت در آزمایشگاه کالیبراسیون
۲. بهبود روند تعمیرات وابکوهای معدن با تغییر سیستم کنترل قدیمی به سیستم جدیدPLC
۳. اصلاح سیستم کنترلی جرثقیل سینگل جنوبی پالایشگاه با تغییر سیستم کنترل قدیمی به سیستم جدید PLC

۴. افزایش ضریب ایمنی واحدهای حساس مجتمع با طراحی و اجرای سیستم اعلام حریق و مانیتورینگ کشف حریق هوشمند
۵. استقرار سیستم نرم افزاری مدیریت کالیبراسیون در آزمایشگاه کالیبراسیون
۶. جایگزینیPLC با سیستم کنترل فعلی توربین گازی (اسپید ترونیک MARK II)
۷. بررسی امکان مقاوم سازی سازه های مجتمع بر اساس آخرین آیین نامه‌های زلزله و روشهای طراحی و در صورت نیاز اجرای آنها
۸. به روز نمودن نقشه کامل سایت کار خانه
۹. ارتقای سیستم نت با تشکیل بانک خرابی و بانک ابزرآلات هزینه‌ای
۱۰. اصلاح سیستم آتش نشانی (هایدرانت ها)
۱۱. راه اندازی واحد کنترل کیفی در کارگاه ساخت
۱۲. راه اندازی سیستم ماسه ریخته‌گری به روش نیمه اتوماتیک
۱۳. بررسی متوسط زمان انجام دستور کارهای ارسالی و کاهش ۱۰ درصدی آن نسبت به سال ۸۷
۱۴. طراحی و ساخت قالب های فلزی جهت ریخته گری قطعات مسی
۱۵. اصلاح سیستم گرمایشی لوله های آب صنعتی اسکرابر فیلتر خشک کن تغلیظ با جایگزینی WIRE TRACING به جای STEEM TRACING در اطراف آنها
۱۶. بهبود سیستم حفاظتی سوییچ باکس‌های معدن
۱۷. بهبود عملکرد سیستم اسکادای مجتمع
۱۸. کاهش زمان تشخیص محل عیب در شبکه توزیع برق کابلی
۱۹. ارتقای سیستم حفاظتی دو واحد نیروگاه گازی از طریق نصب رله
۲۰. افزایش قابلیت اطمینان تغذیه منطقه فروشگاه مرکزی و سالن سینما در مواقع مهم
۲۱. تغییر در اجزا قالب مستر مولد جهت بالا بردن کیفیت مولدهای تولیدی به ویژه مولدهای چرخ یک
۲۲. تغییر طرح راهبری جرثقیل ۷۵ تن مولیبدن از حالت پوش باتون به صورت کنترل از راه دور
۲۳. تغییر طرح راهبری جرثقیل های مجتمع از حالت پوش باتون به صورت کنترل از راه دور
۲۴. تغییر طرح پل جرثقیل های ۷۵ تن نمونه هشت
۲۵. تغییر طرح سیستم برقFORK LIFTنمونه هشت

۵-۶-۶-۲. ارتقاء تکنولوژی

۱. برنامه ریزی جهت جایگزین نمودن روش جوشکاری و برشکاری اتوماتیک به جای روش سنتی

۲. ایجاد شرایط امکان افزایش کیفیت و دوام بتنهای اجرا شده در محیط های صنعتی به میزان ۳۵ درصد
۳. ارتقای کیفیت دانش فنی و تکنولوژیکی کارگاه الکترومکانیک در جهت ساختن موتورهای خاص

۵-۶-۷. بهینه سازی

۵-۶-۷-۱. بهینه سازی هزینه ها

۱. کاهش ۵۰ ٪ مصرف گیج های فشار نیروگاه حرارتی نسبت به سال ۸۷
۲. ساماندهی خدمات لیفتراکی در جهت بهینه سازی هزینه ها
۳. اصلاح و بازنگری وضعیت قطعات و تجهیزات نیروگاه گازی موجود در انبار
۴. بررسی امکان کاهش مصرف لاستیک نو سرباره کش به میزان ۱۰٪ نسبت به سال ۸۷ و استفاده از لاستیک مستعمل و روکشی
۵. کاهش مصرف نوار نقاله های ۶۰ اینچ و مواد مصرفی به میزان ۱۵٪ نسبت به سال ۸۷

۵-۶-۷-۲. بهینه سازی مصرف انرژی

۱. بررسی و کاهش ضایعات مواد اولیه (پرت مواد اولیه) نسبت به سال ۸۷
۲. برنامه ریزی جهت تعیین قطعات پر مصرفی که جهت ساخت به کارگاه ارسال می گردد و ارائه راهکاری جهت تغییر طرح و پایین آوردن روند مصرف
۳. کاهش مصرف انرژی بلوورهای نیروگاه حرارتی به میزان حداقل ۱۰٪ نسبت به سال ۸۷
۴. کاهش مصرف انرژی به میزان ۱۵٪ در کارگاههای ساخت و تعمیرگاه ویژه نسبت به سال ۸۷
۵. تهیه دستورالعمل نحوه تعیین تجهیزات تاسیساتی در سطح مجتمع
۶. مقایسه میزان انرژی مصرفی یک تن مس کاتدی و ارائه راهکار بهینه سازی مصرف انرژی مجتمع

۵-۷. مس نمونه چهار

۵-۷-۱. تاریخچه تشکیل کمیته انرژی در نمونه چهار

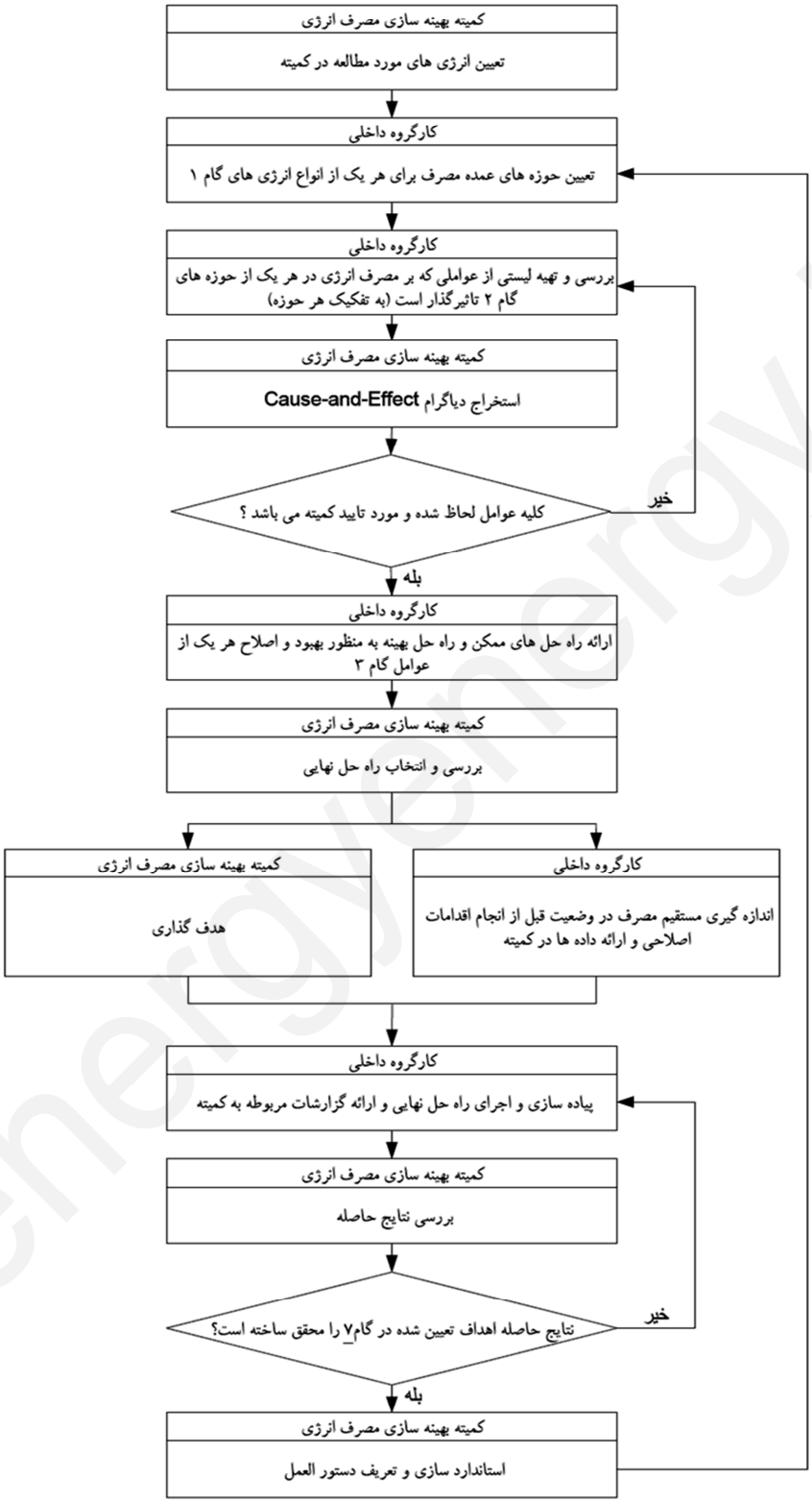
از آنجا که مسائل مربوط به تولید، انتقال، توزیع و مصرف بهینه انرژی کشور درسطح کلان از طریق مجلس شورای اسلامی و دولت درحال برنامه‌ریزی واجرا می‌باشد لیکن ضروری است درکنار فعالیت‌های فوق موضوع مصرف انرژی را ازطریق راهبردهای علمی - کاربردی - منطقی و متناسب با ساختار صنعتی هریک از بخش‌های اقتصادی و مصرف‌کننده انرژی هدایت نمود.

از اینرو نقش چنین کمیته ها و تشکل هایی در ارزیابی، فرهنگ‌سازی، اجرا و مدیریت انرژییکی از مهمترین

ابزار انتقال دانش و متون مورد استفاده می‌باشد. از جنبه‌های بسیار مثبت ایجاد این تشکل تبدیل مسائل تئوریک مطرح شده به صورت عملی و اجرای پروژه‌های کاربردی در زمینه کاهش مصرف انرژی می‌باشد. لذا پیشنهاد شکل‌گیری این کمیته را می‌توان نقطه عطفی در زمینه مدیریت صحیح مصرف انرژی در مجتمع مس نمونه چهار دانست. کمیته بهینه سازی مصرف انرژی از سال ۱۳۸۹ بطور رسمی فعالیت خود را آغاز کرد و پس از تعیین اهداف اولیه همچون فرهنگ سازی، ممیزی انرژی، اجرای پروژه های بهینه سازی مصرف و پایش مداوم مصارف انرژی در مجتمع، توانست با تشکیل سه کارگروه تخصصی برق، آب و سوخت های فسیلی، گامهای مؤثری در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی و ترویج فرهنگ مصرف بهینه انرژی در مجتمع مس نمونه چهار بردارد.

energyenergy.ir

فلوچارت روند انجام کار کمیته بهینه سازی مصرف انرژی



شکل۵-۲. فلوچارت روند انجام کار کمیته بهینه‌سازی مصرف انرژی

۵-۷-۲. اقدامات در راستای مدیریت مصرف انرژی مس نمونه چهار

تجربه و علم ثابت کرده کلید اصلی بهینه سازی مصرف، مدیریت است. استفاده از تکنولوژی بالا و سرمایه گذاری بدون مدیریت، به هدر دادن منابع سازمان است در مقابل برخی از راهکارهای مدیریتی بدون هزینه میتواند انجام شود که در ذیل به کلیاتی از سرفصل اقدامات انجام شده و در دستور کار کمیته اشاره می گردد

۱-بررسی و اشراف به هزینه‌های انرژی و مقایسه در فصول مختلف و سایر سازمان های مشابه :

هزینه‌های جاری انرژی در سازمان بایستی در هر دوره توسط متولی مدیریت مصرف با دوره‌ای مشابه و حتی با سازمانهای مشابه مقایسه و در صورت بالا بودن این هزینه ها هشدارها و گزارشات لازم به مدیریت سازمان داده شود تا سازمان بتواند در راستای اهداف و استراتژیهای تعیین شده گام بردارد.

۲- اطلاع رسانی و یاد آوری و آموزش مزایا و ضرورت و روش‌های بهره‌وری انرژی به کارکنان :

واحد مدیریت مصرف با همکاری کارشناس آموزش شرکت میتواند کارگاهها و دوره های آموزشی در خصوص روشهای بهره‌وری انرژی و مزایای آن برای کارکنان در سطوح مختلف برگزار و بازخورد آنرا رصد نماید.

۳-اطلاع رسانی سیاست های شرکت در جهت روش های اجرایی بهینه سازی مصرف:

ابلاغ و اطلاع رسانی سیاستهای شرکت در خصوص روشهای بهینه سازی انرژی از وظایف اصلی متولی مدیریت مصرف انرژی در سازمان میباشد که این اطلاع رسانی بایستی بطور مداوم انجام گردد.

۴-لحاظ صرفه جویی انرژی در خرید تجهیزات جدید

در خرید تجهیزات بایستی برچسب انرژی که میزان کارائی دستگاه را نشان می‌دهد مورد توجه قرار گرفته و دستگاههائی خریداری گردد که کمترین میزان اتلاف انرژی را داشته باشند.

۵-انجام ممیزی انرژی در سازمان :

واحد مدیریت مصرف برای حصول اطمینان از مصرف بهینه انرژی در سازمان طبق استراتژی تعیین شده بایستی بصورت منظم ممیزی و ارائه گزارش نماید.

۶-کنتور داخلی برای تفکیک مصارف بخش‌های مختلف

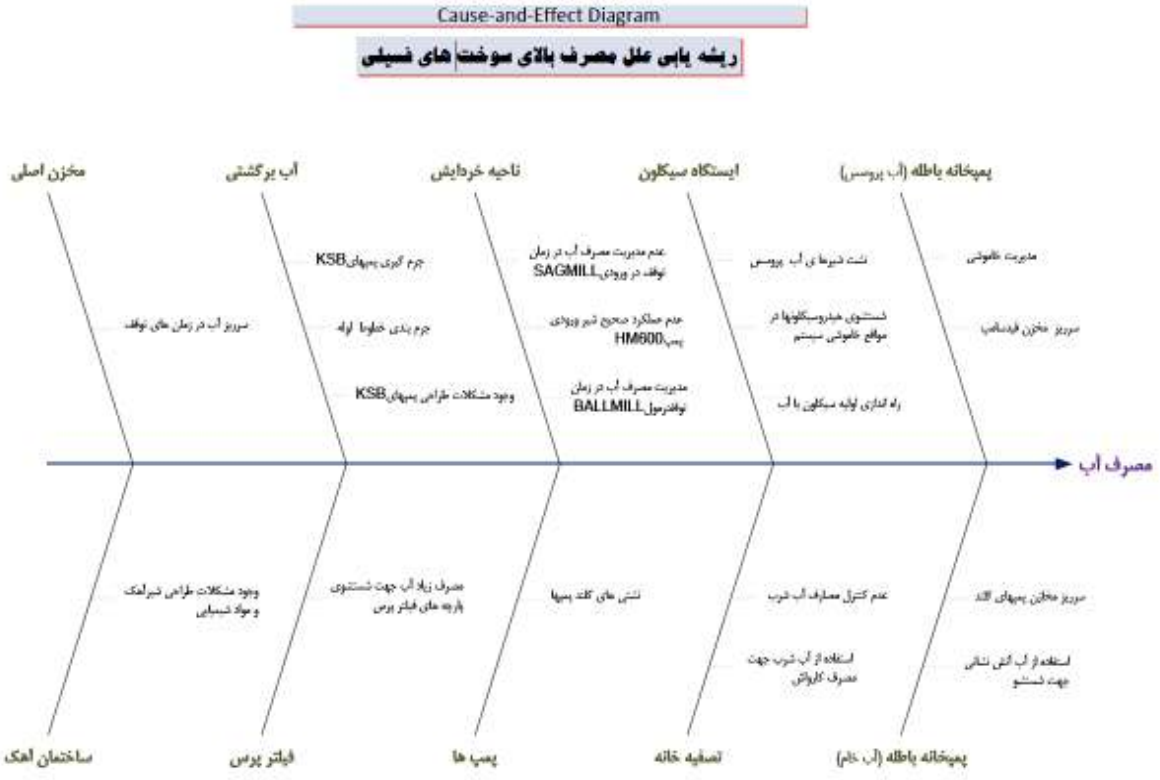
واحد مدیریت مصرف با هماهنگی واحد خدمات میتواند برای هر کدام از واحدهای سازمان کنتور داخلی برای کنترل مصارف عمومی از قبیل آب و برق و سایر انرژیهای مورد استفاده قرار گیرد تا در صورت مصرف بیش از حد تذکرهای لازم به ایشان داده شود.

۷- تشویق همکاران به دادن پیشنهادات در قالب نظام مشارکت و در راستای بهره وری و اصلاح الگوی مصرف.

در عصر کنونی نظام مشارکت یکی از ارکان پیشرفت و بهبود فرآیندهای یک سازمان میباشد و ترغیب

همکاران به ارائه پیشنهادات بیشتر در خصوص بحث اصلاح مدیریت مصرف و اختصاص پاداش بـرای پیشـنهادات ارائه شده میتواند راهشگای بسیاری از مشکلات باشد.

۵-۷-۳. ریشه‌یابی علل مصرف بالای سوخت‌های فسیلی



شکل۵-۳. ریشه‌یابی علل مصرف بالای سوخت‌های فسیلی

۵-۷-۴. ریشه‌یابی عوامل موثر بر مصرف سوخت‌های فسیلی

شکل۵-۴. ریشه‌یابی عوامل موثر بر مصرف سوخت‌های فسیلی

energyenergy.ir

۵-۷-۵. ریشه یابی عوامل موثر بر مصرف برق

شکل۵-۵. ریشه یابی عوامل موثر بر مصرف برق

۵-۷-۶. ارائه برخی از راهکارهای مهم جهت صرفه‌جویی انرژی در فرآیندها و تجهیزات

۱- کوره‌های صنعتی

تلفات حرارتی از ساختار کوره سبب افزایش مصرف انرژی می‌گردد. با تعمیر پوشش داخلی کوره‌ها و بازرسی عایق‌بندی در تعمیرات دوره‌ای و اصلاح آن توسط بخش تعمیرات و نگهداری کارخانه می‌توان از این اتلاف حرارتی جلوگیری نمود.

۲- مشعلها

احتراق ناقص و یا استفاده از هوای اضافی بیش از حد موردنیاز سبب اتلاف شدید سوخت می‌گردد. انجام دوره‌ای آنالیز احتراق و یا تنظیم مشعلها و تعمیر و یا تعویض مشعلهای غیر کارا در این مورد می‌تواند مفید باشد.

۳- بازیافت حرارت از گازهای حاصل از احتراق

محصولات احتراق که با دمایی بالاتر از دمای هوای تهیه شده به خارج می‌روند بیانگر تلفات انرژی هستند. از گازهای خروجی به منظور پیش گرم کردن هوای احتراق با استفاده از مبدل حرارتی گرم کننده هوا (ری کوپراتور) و به منظور تولید بخار یا آب داغ و انتقال گرما به سیال ثانویه یا هوا برای سایر کاربردهای بعدیمی‌توان استفاده نمود.

۴- سیستم توزیع حرارت فرآیند (بخار تقطیر شونده، آب گرم و آب خنک)، سیستم توزیع سوخت فرآیند (سوخت نفتی، گازمایع، سوخت دیزلی، زغال سنگ و ....)

هرگونه تلفات در سیستم توزیع سبب نیاز به انرژی ورودی بیشتری برای همان مصرف کننده نهایی خواهد شد. تعمیر نشتی‌ها در کلیه خطوط، از کار انداختن و یا کنار گذاشتن خطوط بدون استفاده و انجام بررسی‌های تعمیراتی دوره‌ای در مورد کنترل‌ها، شیرآلات و .... و اندازه‌گیری مصرف و مقایسه آن در فواصل زمانی منظم به منظور شناخت تغییرات غیر عادیمی‌تواند به این امر کمک کند.

۵- سوزاندن ضایعات صنعتی

الحاق سیستم بازیافت حرارتی از سوزاندن ضایعات صنعتی می‌تواند به عنوان منبع جدیدی از انرژی در فرآیندمورد استفاده قرار گیرد.

۶- برجهای خنک کننده/ کولرهای تبخیری

انتقال حرارت از بسیاری فرآیندهای صنعتی امری لازم است. بعنوان نمونه می‌توان ماشین‌های ریخته گیری تحت فشار (دایکاست)، قالب گیری پلاستیکی و کمپرسورهای هوا را نام برد. تحقیق درمورد امکان‌پذیری استفاده از حرارت برای پیش گرم کردن آب تغذیه بویلر یا تهیه آب گرم مصرفی برای گرمایش محل و یا هر فرآیند دیگر می‌تواند در این مورد انجام شود.

۷- خروجی از تانکها و مخازن، عمل خرد کردن و سایر عملیات دیگر

برای گرم کردن هوای جبرانی از محیط بیرون نیاز به حرارت می‌باشد. ثابت نگه داشتن دمای حمام (فرآیند) نیازمند انرژی است. در نظر داشتن استفاده از تجهیزات بازیافت حرارتی از هوای خروجی جهت گرمایش هوای جبرانی و بررسی امکان‌پذیری استفاده مستقیم از هوای بیرون بدون گرمایش آن، نصب پوشش بر روی مخازن و

در صورت عدم دسترسی، استفاده از توپهای عایق بندی شده شناور بر سطح در این زمینه می‌تواند مفید باشد.

۸- سیستم هوای فشرده

برای رانش کمپرسورهای هوایی انرژی مصرف می‌شود. دستگاه رانش کمپرسور ممکن است موتور برق، موتور حرارتی و یا توربین باشد. راهکارهای پیشنهادی عبارتند از استفاده از خنک ترین هوای موجود در مکش کمپرسور از خارج ساختمان، تعمیرکلیه نشتی‌ها، کار در پایین‌ترین فشار قابل قبول، امکان استفاده از گرمای دفع شده در مبدل حرارتی هوای فشرده برای گرمایش، عدم استفاده از هوای فشرده برای خنک کردن تجهیزات یا برای راحتی افراد، زیرا تهویه با هوای فشرده بسیار گران است.استفاده از دمنده مناسب در محلی که به آن نیاز بوده و نیز خاموش نمودن کمپرسورهایی که نیازی به آنها نمی‌باشد.

۹- سیستم برق

تلفات انتقال شامل تلفات خطوط و ترانسفورمرها می‌شود. دیماند ماکزیمم بالا و ضریب توان پایین نیز سبب افزایش هزینه عملکردی(برای کارخانه) و هزینه‌های سرمایه‌ای (برایتأمین کننده برق)گردد (اگر ضریب توان پایین باشد بار اضافی ممکن است سبب هزینه اضافی در سیستم کابل کشی گردد). بدین منظور استفاده از de- Energize transformer در هر محلی که امکان‌پذیر است، تحقیق و بررسی جهت امکان‌پذیری استفاده از برق در دوره‌های زمانی که تقاضای مصرف در آنها کمتر است می‌تواند مفید باشد.

۱۰-موتورهای الکتریکی

خاموش کردن تجهیزات در مواقعی که نیازی به آنها وجود ندارد آسان ترین راهکار ممکن است. در صورت پایین‌تر بودن راندمان از ۷۰ درصد، تحقیق و بررسی بیشتری باید انجام شود. اگر بعلت استهلاک شدید به کارگیری موتورهای با راندمان بالا و انطباق موتور و بار موردنظر است در اینصورت از محرکه‌های باسرعت متغیر استفاده شود.

۱۱-روشنایی

- خاموش کردن چراغها، هنگامی که به آنها نیازی نمی‌باشد.
- نصب سیستم روشنایی تنها در موقعیتهایی که لازم است.
- در نظر گرفتن جایگزینی چراغهای با کارایی بالا در سیستم روشنایی (تعویض لامپ التهابی با فلورسنت).
- استفاده از وسایل تمرکز دهنده نور در نواحی لازم.
- در نظر داشتن یکپارچگی روشنایی شبانه توسط روشنایی برق.
- استفاده از قابهای مجرایی که سبب بهبود در کارایی عملی لامپهای مناسب می‌شوند.

- تمیز کردن چراغها و قاب آنها بعنوان بخشی از برنامه منظم تعمیر و نگهداری.
- استفاده از پوششهای بازتاب حرارتی که سبب سفید تر شدن پنجره‌هامی‌شود.

۱۲-سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع اماکن

از انرژی در موتور فنهای سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع و نیز در سیستم‌های تبرید و گرمایش استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل و کامل بهینه کردن مصرف انرژی در سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع لازم است.

تنظیم کنترل‌کننده‌ها بدون در نظر گرفتن تأثیر تغییر تنظیم آنها بر کل سیستم نباید انجام شود. تمیز کردن فیلترها بطور منظم انجام گیرد.

۱۳-بخار و آب داغ

عایق‌بندی خطوط، تعمیر نشتی‌ها، باز بینی عملکرد تله‌ها، استفاده از مخازن عایق‌بندی شده جهت دریافت آب گرم در زمانهای غیر پیک که می‌تواند سبب بهبود راندمان عملکردی شود.

۱۴-آب گرم مصرفی افراد

- جلوگیری از نشتی آب گرم از شیرها و در صورت وجود تعمیر آنها
- مراقبت از اینکه شیرهای آب گرم در مواقع غیر لزوم بسته باشند.
- کاهش دمای تنظیم شده ترموستات آب گرم به پایین‌ترین حدی که قابل قبول است.
- جدا کردن سیستم آب گرم مصرف افراد از سیستم گرمایش اماکن و یا هر سیستم آب گرم دیگر
- تمیز کردن مرتب گرم کن‌ها مطابق با دستورالعمل سازنده
- بررسی استاندارد بودن عایق‌بندی لوله‌های آب گرم

۱۵-روزنه‌ها و منافذ ساختمانها (بعنوان مثال محوطه بارگیری)

نفوذ بیش از حد هوای خارج به داخل سبب نیاز به انرژی بیشتریمی‌شود. بستن کلیه منافذ غیر نیاز، فنهای بدون استفاده و یا پنجره‌های شکسته شده و شکافهای ساختمانی، بستن محوطه به هنگام بارگیری کامیونها یا واگنهای راه آهن و استفاده از دربهای اتوماتیک می‌تواند چاره ساز باشد.

۱۶-عایق‌بندی دیوارها و بامها

اغلب دیواره‌ها و سقفهای عایق‌بندی نشده اتلاف حرارتی به میزان ۲ تا ۳ برابر دیواره‌ها و سقفهای عایق‌بندی شده دارند. عایق‌بندی بام و دیواره‌هامی‌تواند کاهش تلفات حرارتی از ساختمان را در پی داشته باشد.

۱۷-سیستم‌های کنترل و تنظیم

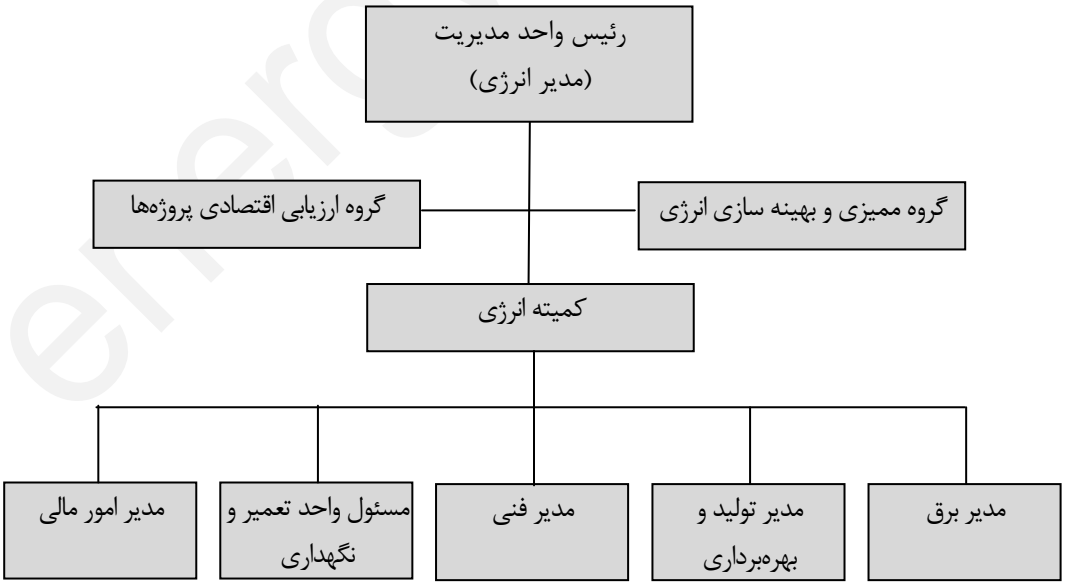
کنترل‌کننده‌ها مشخصه‌های عملکرد واقعی سیستم را ارزیابی می‌کنند. طراحی اصلی و عملکرد سیستم ممکن است بر اساس پارامترها و در نتیجه هزینه‌های انرژی متفاوتی بوده باشد، که کنکاشی جدید ممکن است سیستم را برای هزینه‌های انرژی کمتر تنظیم نماید.

۵-۸. مس نمونه دو

جهت کنترل مصرف انرژی و بهینه سازی آن در کارخانه تغلیظ نمونه دو کمیته انرژی تشکیل شده است که کلیه اطلاعات مرتبط با تهیه انرژی الکتریکی از شبکه سراسری و مصرف آن و میزان تولید کنسانتره مس در اختیار این کمیته قرار داده می شود. اعضای کمیته انرژی در کارخانه تغلیظ نمونه دو جدا از وظایف محوله غیر مرتبط با انرژی که زیر نظر مدیرعامل مجتمع قراردارد، در امور مرتبط با انرژی زیر مجموعه مدیر انرژی صنایع مس مستقر در شرکت ملی مس می باشند و گزارشات ماهانه و سالیانه از سوی کمیته به ایشان ارائه می گردد

ساختار کمیته انرژی تشکیل شده است از مدیران، رؤسا و سایر اشخاص مسئول در ساختار کارخانه اعضای این کمیته طرح توسعه را برای سازمان مدیریت انرژی کارخانه تهیه می‌کنند، آن را اجرا می‌نمایند و نتایج را بررسی می‌کنند همچنین آنها با واحدهای مربوطه در زمینه فعالیت ذیربط ارتباط برقرار می‌کنند و به آنها اقدامات لازم برای پیشرفت درطرح، بررسی مدیریت انرژی کلی کارخانه را خاطر نشان می‌سازند.

ساختار سازمانی واحد مدیریت انرژی پیشنهادی برای مجتمع مس نمونه دو، در شکل۵-۶ ارائه شده است..



شکل۵-۶. ساختار سازمانی پیشنهادی واحد مدیریت انرژی برای مجتمع مس نمونه دو

مدیر انرژی باید به تمام قسمتهای سازمان دسترسی داشته باشد اما مدیریت انرژی باید در یک محل استقرار یابد.

جایگاه مدیریت انرژی ممکن است به این شرح باشد:

- اداره امور فنی
- اداره امور پرسنلی
- اداره امور مالی
- دفتر مدیریت عامل سازمان
- مشاور- خارج از سازمان

energyenergy.ir

فصل ششم:
جایگاه ایران در تولید مس در جهان
و سهم ایران در ذخایر معدنی مربوطه در دنیا و نقش ایران

ایران از دیرباز به عنوان یکی ازپتانسیل‌های مهم اقتصادی مس پورفیری در دنیا شناخته شده است و از نظر مس زایی در بهترین شرایط متالورژی قرار گرفته است از دیدگاه تکتونیکی، کشور ایران در سیستم کوهزایی آلپ- هیمالیا (آلپی) واقع شده است.

از نظر کانی سازی، کمربند جهانی مس (کمربند آلپ- هیمالیا) از کوه‌های آلپ در اروپای غربی شروع شده و پس از عبور از کشورهای اروپای شرقی و ترکیه از ناحیه مرزی جلفا وارد ایران شده و از جنوب شرق وارد افغانستان، پاکستان و هندوستان گشته و به کوه‌های هیمالیا ختم می‌شود. کشور ایران در بین کشورهای دارای ذخایر مس از جایگاه مناسبی برخوردار است.

بخش‌هایی از ایران که از لحاظ ذخایر معدنی بر روی کمربند جهانی مس قرار گرفته است از جنوب شرقی ایران شروع و تا شمال غربی و نواحی آذربایجان ادامه دارد[۲۲].

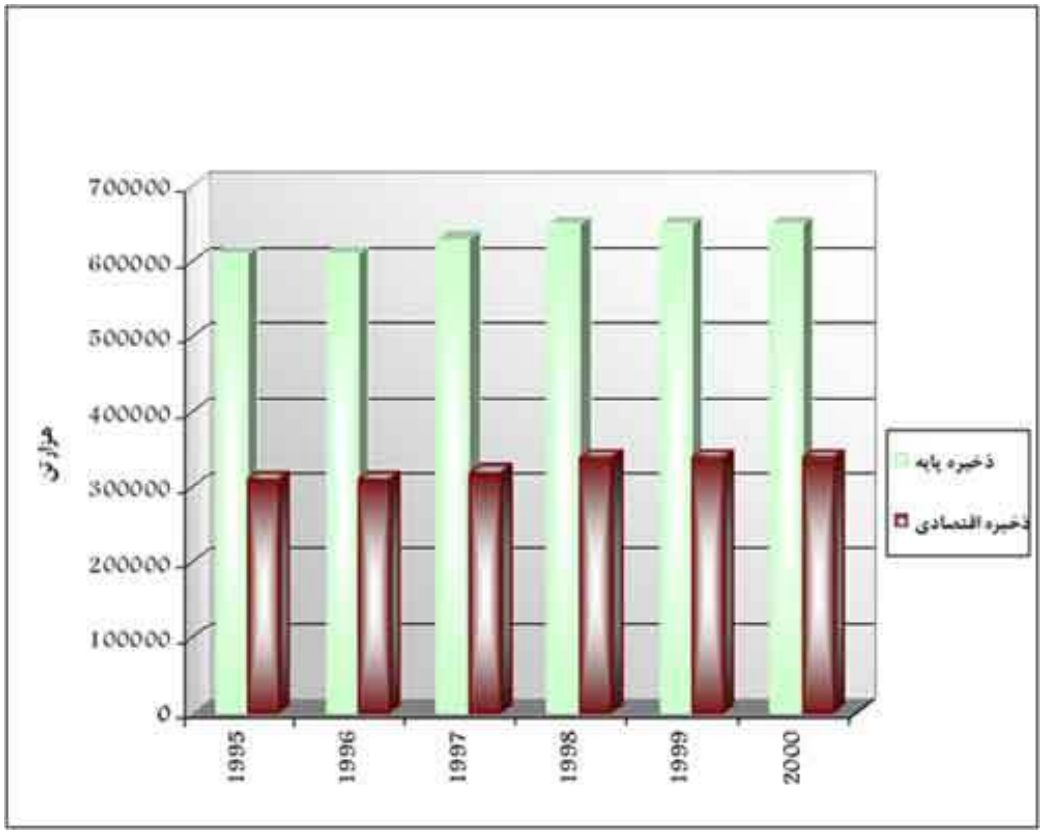
تولید مس در جهان به صورت مس معدن و مس تصفیه شده در نظر گرفته می شود.

۶-۱. ذخایر مس جهان

همانطور که در جدول۶-۱ مشاهده می کنید میزان ذخیره پایه و اقتصادی مس در طی این دوره (۱۹۹۵ – ۲۰۰۴)به ترتیب از ۶۱۰۰۰۰ و ۳۱۰۰۰۰ هزارتن در سال ۱۹۹۵ به ۹۴۰۰۰۰ و ۴۷۰۰۰۰ هزارتن در سال ۲۰۰۴ افزایش یافته است[۲۲].

جدول۶-۱. میزان ذخیره پایه واقتصادی مس از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ در جهان

سال	جهان	
	ذخیره پایه	ذخیره اقتصادی
۱۹۹۵	۶۱۰۰۰۰	۳۱۰۰۰۰
۱۹۹۶	۶۱۰۰۰۰	۳۱۰۰۰۰
۱۹۹۷	۶۳۰۰۰۰	۳۲۰۰۰۰
۱۹۹۸	۶۵۰۰۰۰	۳۴۰۰۰۰
۱۹۹۹	۶۵۰۰۰۰	۳۴۰۰۰۰
۲۰۰۰	۶۵۰۰۰۰	۳۴۰۰۰۰
۲۰۰۱	۶۵۰۰۰۰	۳۴۰۰۰۰
۲۰۰۲	۹۵۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰
۲۰۰۳	۹۴۰۰۰۰	۴۷۰۰۰۰
۲۰۰۴	۹۴۰۰۰۰	۴۷۰۰۰۰

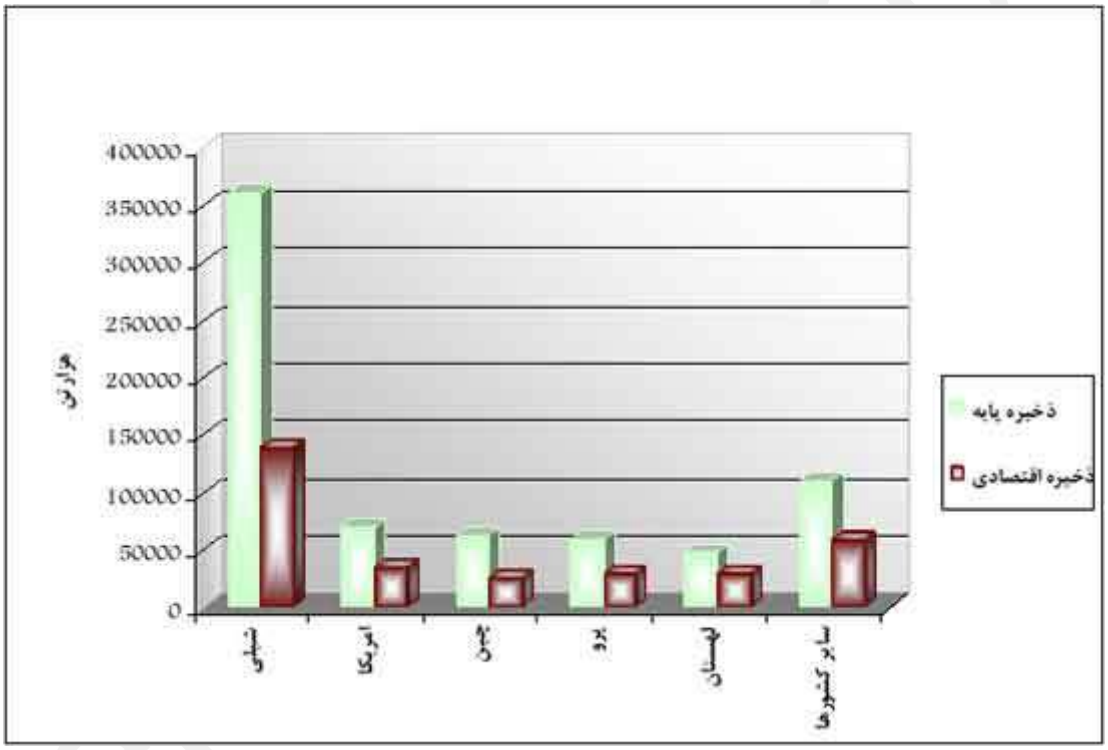


شکل۶-۱. میزان ذخایر پایه و اقتصادی مس در جهان در سال های ۱۹۹۵- ۲۰۰۴

همانطور که در جدول۶-۲ نشان داده شده است کشورهای شیلی، چین، آمریکا، پرو و لهستان بیشترین میزان ذخایرمس دنیا را بخود اختصاص داده اند[۲۲].

جدول۶-۲. میزان ذخایر پایه و اقتصادی کشورهای دارای بیشترین میزان ذخایر جهان سال ۲۰۰۴

کشور	ذخایر پایه	ذخایر اقتصادی
شیلی	۳۶۰۰۰۰	۱۴۰۰۰۰
امریکا	۷۰۰۰۰	۳۵۰۰۰
چین	۶۳۰۰۰	۲۶۰۰۰
پرو	۶۰۰۰۰	۳۰۰۰۰
لهستان	۴۸۰۰۰	۳۰۰۰۰
سایر کشورها	۱۱۰۰۰۰	۶۰۰۰۰
جهان	۹۴۰۰۰۰	۴۷۰۰۰۰



شکل۶-۲. ذخایر پایه و اقتصادی کشورهای دارای بیشترین ذخایر مس جهان در سال ۲۰۰۴

چشم اندازی بر وضعیت ذخایر شرکت‌های برتر معدنی تولید کننده مس دنیا در شکل۶-۳ و جدول۶-۳ ارائه شده است.

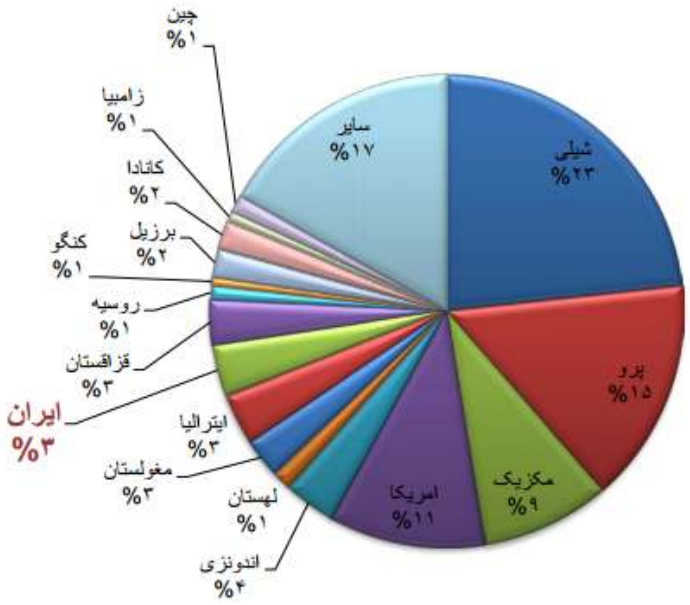
کشور شیلی با داشتن قریب به ۳۲ درصد ذخایر دنیا، بالاترین سهم را به خود اختصاص داده و کشور ایران نیز با دارا بودن حدود ۳ درصد از ذخایر معدنی مس دنیا و در مقام مقایسه به لحاظ ذخیره در بین کشورهای برتر معدنی مس، در جایگاه نهم قرار دارد. ایران در منطقه آسیا، پس از کشورهای اندونزی و مغولستان در رتبه سوم

قرار گرفته است.

ذخایر مس در سال ۲۰۱۲ برابر ۶ میلیون تن و در حدود ۱۰ درصد نسبت به سال ۲۰۱۱ افزایش داشته است که ۶۶ درصد از این مقدار ناشی از کشف معادن جدید در کشور شیلی بوده است و مابقی آن به سایر کشورها تعلق داشته است[۱۹].

جدول۶-۳. وضعیت ذخایر مس در دنیا

رتبه	کشور	Ore Mt	Reserves Grade Cu%	Cont cu kt
۱	شیلی	۲۲,۰۱۱	۰,۷۳	۱۶۰,۶۸۰
۲	پرو	۱۴,۵۱۱	۰,۴۹	۷۱,۱۰۴
۳	مکزیک	۸,۲۷۶	۰,۳۹	۳۲,۳۹۷
۴	امریکا	۱۰,۱۲۸	۰,۳۱	۳۱,۳۹۷
۵	اندونزی	۳,۳۶۷	۰,۸۹	۲۹,۹۶۶
۶	لهستان	۱,۱۹۵	۲,۰۸	۲۴,۸۵۶
۷	مغولستان	۲,۶۰۴	۰,۷۹	۲۰,۵۷۲
۸	استرالیا	۳,۳۰۷	۰,۵۸	۱۹,۱۸۱
۹	ایران	۳,۲۸۹	۰,۵۶	۱۸,۴۱۸
۱۰	قزاقستان	۲,۸۷۶	۰,۶	۱۷,۲۵۶



شکل۶-۳. میزان ذخایرمس دنیا به تفکیک کشورها

۶-۱-۱. ذخایر مس ایران

عمده ذخایر مس ایران در استان‌های شهر یک و آذربایجان قرار دارد. شاید بتوان پنج محدوده اساسی برای حضور کانسارها در نظر گرفت که عبارتند از: آذربایجان، تارم، انارک، عباس آباد و شهر یک.

ناحیه مس‌دار شهر یک قسمتی از کمربند فلززایی ایران مرکزی می‌باشد که مهم‌ترین ذخایر مس این ناحیه توده‌های مس نمونه یک و نمونه دو است. ناحیه مس‌دار منطقه آذربایجان نیز قسمتی از این کمربند بوده و کانسار مس نمونه چهار بزرگترین اندیس مس در شمال غرب ایران محسوب می‌شود.

طرح‌های توسعه مس در ایران و تقاضای بالای مس کاتدی نیاز بیشتری را جهت بالا رفتن تولید کنسانتره، توسعه و استفاده بهینه از ظرفیت ذوب ایجاب می‌نماید. کانسارهای مس ایران عمدتاً از دو نوع رگه‌ای و پورفیری تشکیل شده است.کانی سازی مس ناشی از برخورد توده‌های نفوذی به داخل اسکارن‌های آهکی و سنگ‌های آتشفشانی می‌باشد. در حال حاضر با توجه به دارا بودن ۳ درصد از ذخایر مس جهان تنها ۱/۱درصد از تولید این فلز متعلق به کشورمان است که باید با برنامه‌ریزی صحیح سهم بسزایی در تولید این فلز پرمصرف در جهان داشته باشیم. با توجه به قرارگیری کشور ایران بر روی کمربند فلززایی و وجود ذخایر غنی مس در داخل کشور مانند مس نمونه چهار، مس نمونه یک، نمونه هشت، قلعه زری، نمونه شش، نمونه دو از جایگاه ویژه‌ای در بازار جهانی مس برخوردار است. از جمله معادن مهم دیگرمس کشور ذخایر تخت، بحر آسمان، چهار گنبد، کرور، وود، آستامال، بالوجه، بارملک، کیقال، مس مزرعه، بایچه باغ رشید آباد، رز، عباس آباد، دهنه سیاه، شمال خور، کله‌ها، تالمسی، مسکنی، قمشلو، ساقی بیک نسر، چهار فرسخ، الموت، سرکویر، ملکوت، کلاته، مهران، لب کال، دامن جال، تکنار است و تاکنون بیش از ۳ میلیارد تن ذخیره قطعی مس در ایران شناسایی شده که معدن مس نمونه یک با بیش از یک میلیارد تن ذخیره احتمالی و ۴۲۷ میلیون تن ذخیره قطعی و همچنین معدن مس نمونه چهار با یک میلیارد تن ذخیره مس و مولیبدن بزرگترین معادن مس کشور محسوب می‌شوند.

از دیگر محورهای مس در ایران نیز می‌توان به محور ارسباران، طارم، سمنان، سبزوار و بیرجند، نصرت آباد و محور انارک اشاره کرد. کمربند مس طارم- قفقاز از بخش شمال شرقی استان شهر دو عبور می‌کند و معادنی چون مس پورفیری نمونه چهار ارزش اقتصادی قابل توجهی در این بخش دارد و کانی سازی آن از نوع مس، مس- مولیبدن- سرب، طلا- آهن- مس، مس- طلا و مس- نقره می‌باشد.

هانگونه که قبلا اشاره شد، از دیدگاه تکتونیکی، کشور ایران در سیستم کوهزایی آلپ- هیمالیا(آلپی) واقع شده است. از نظر کانی‌سازی مس، کمربند عظیم مس که از شمال غرب از بخش شرقی صربستان آغاز می‌شود بعد از گذشتن از ترکیه وارد ایران شده و از جنوب شرقی وارد افغانستان و پاکستان می‌شود. در این کمربند فعالیت های ماگمایی و انتشار سنگهای بازیک و اولترابازیک، کمپلکس های آتشفشانی - رسوبی و فعالیت های

آذرین همزمان و همراه با کوهزایی آلپی به صورت یک گزینه شاخص عمل کرده است[۲۲].

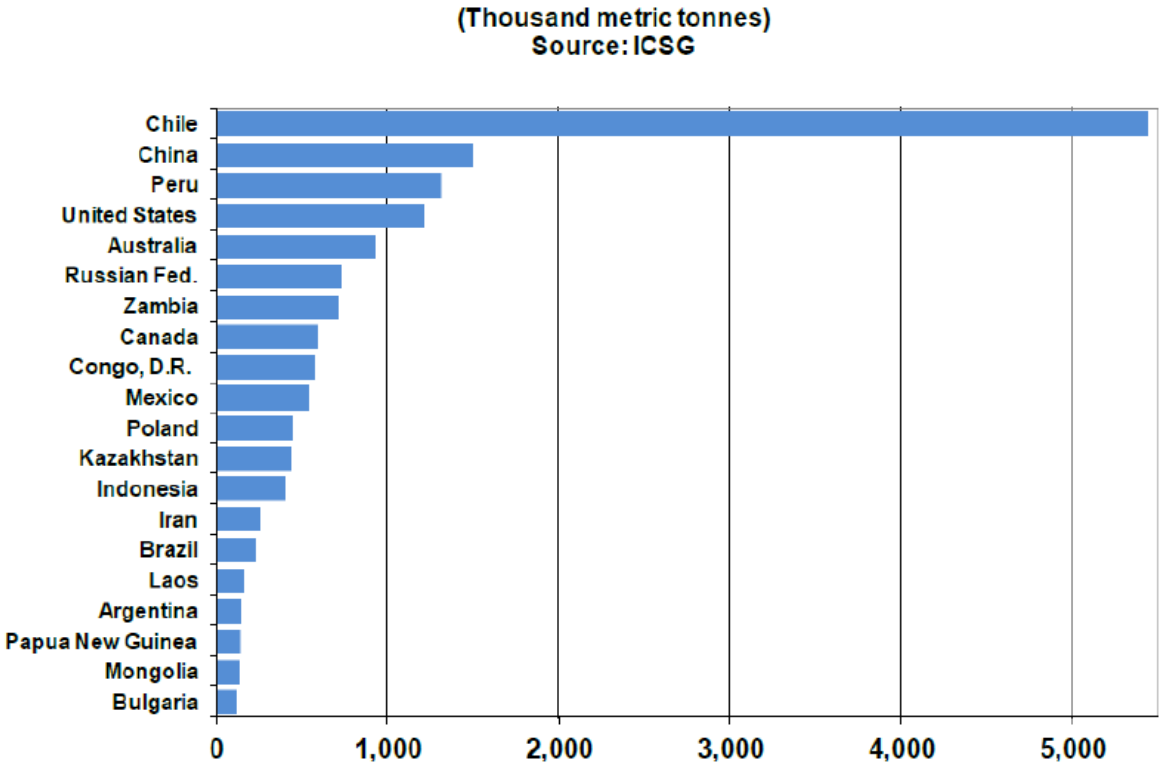
۶-۲. تولید مس در جهان

تقاضای مس در مقیاس جهانی به دلیل رشد صنایع الکترونیک، تولید ماشین آلات صنعتی و حمل و نقل، ساخت و ساز و ... مدام در حال افزایش است .فرآیند تولید مس از سنگ معدن، که به صورت اکسید یا سولفید مس است، آغاز می‌شود. عیار مس بطور متوسط در حدود چند دهم درصد تا دو درصد است، بنابراین سنگ معدنی پس از خردایش با فرآیند فلوتاسیون تغلیظ می شود تا کنسانتره مس با عیاری در حدود ۳۰ درصد بدست آید. سپس با استفاده از روشهایی این عیار افزایش می یابد .این روشها عمدتا به دو دسته پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی تقسیم بندی می شوند .در روشهای پیرومتالورژی پر عیار سازی با ذوب صورت می گیرد و در روشهای هیدرومتالورژی جدا سازی به کمک انحلال شیمیایی فلز در محلولهای خاص انجام می گیرد .محصول بدست آمده از این مرحله دارای عیاری در حدود ۹۵ تا ۹۹ درصد بوده و مس آند نامیده می شود .سپس برای رسیدن به عیار ۹۹,۹۹ درصد این محصول پالایش می شود .پالایش مس عمدتا به سه روش الکترولیزی، الکترو وینینگ و پالایش شعله ای صورت می گیرد .محصول این مرحله اصطلاحا مس کاتد نامیده می شود[۲۴].

۶-۲-۱. میزان تولید معدن مس در جهان

در سال ۲۰۱۲ شیلی با تولید ۵,۴ میلیون تن بیش از یک سوم مس معدنی را تولید کرده است .ایران نیز با تولید ۲۳۰ هزار تن در جایگاه چهاردهم قرار دارد

در شکل۶-۴ تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان آمده است[۲۴].



شکل۶-۴. تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۲

از نظر تولید مس، شیلی بزرگ‌ترین سهم تولید را در اختیار دارد اما کشورهای متعدد دیگری از جمله پرو، چین، آمریکا و روسیه هستند که فعالیت‌های قابل توجهی دارند.

سازمان زمین‌شناسی آمریکا آخرین آمار مربوط به کشورهای تولیدکننده مس در سال ۲۰۱۳ را منتشر کرده و پایگاه اینترنتی کاپر اینوستینگ نیوز به بررسی ۱۰ کشور برتر پرداخته که عبارتند از

۱- شیلی

تولید معدن: پنج میلیون و ۷۰۰ هزار تن

شیلی با تولید پنج میلیون و ۷۰۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ نخستین کشور بوده است که در مقایسه با پنج میلیون و ۴۳۰ هزار تن در سال ۲۰۱۲ افزایش داشته است.

طبق گزارش اکونومیست، این فلز سرخ در ۲۰ درصد از تولید ناخالص داخلی شیلی سهم دارد و ۶۰ درصد از صادراتش را تشکیل می‌دهد. این نشریه خاطر نشان کرده است که به لطف مس، اقتصاد شیلی سالانه شش درصد توسعه دارد و نرخ‌های تورم و بیکاری در این کشور پایین مانده است.

۲- چین

تولید معدن: یک میلیون و ۶۵۰ هزار تن

چین در رتبه دوم تولید قرار دارد اما میزان تولیدش کمتر از نصف تولید شیلی است. این کشور یک میلیون

و ۶۵۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید کرده است که در مقایسه با یک میلیون و ۶۳۰ هزار تن در سال ۲۰۱۲ افزایش نشان داده است.

چین که بزرگ‌ترین مصرف کننده مس در جهان است در نوامبر سال ۲۰۱۳ در میزان تولید رکورد زده است.

پایگاه‌های جدید تولید تا پایان سال ۲۰۱۳ در چین به مرحله فعالیت رسیدند و نرخ تولید این کشور به طور مستمر افزایش یافت. پرهزینه بودن واردات کنسانتره مس خام به چین موجب شده فعالیت‌های ذوب داخلی در این کشور شروع به افزایش کند.

۳- پرو

تولید معدن: یک میلیون و ۳۰۰ هزار تن

پرو یک میلیون و ۳۰۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید کرد که با سطح تولید سال ۲۰۱۲ این کشور چندانی تفاوتی نداشت.

پرو پیش بینی کرده بود تولید معدنی این کشور ممکن است حداکثر ۱۰ درصد در سال ۲۰۱۴ افزایش پیدا کند و وزیر انرژی و معادن پرو رشد ۱۷ درصدی تولید مس را به دلیل افتتاح پروژه‌های جدید پیش بینی کرده است. این کشور انتظار دارد سرمایه گذاری خارجی بیشتری در نتیجه این پروژه‌ها جذب صنعت معدن شود.

۴- آمریکا

تولید معدن: یک میلیون و ۲۲۰ هزار تن

آمریکا یک میلیون و ۲۲۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید کرده است که اندکی نسبت به یک میلیون و ۱۷۰ هزار تن تولید سال ۲۰۱۲ افزایش داشته است. وب سایت ماینینگ متذکر شده این افزایش با وجود رانش فاجعه آمیز زمین در معدن بینگام کانیون یوتاه در اوایل سال ۲۰۱۳ حاصل شده است. این حادثه تولید این معدن را برای یک مدت طولانی متوقف کرد. مجموع ارزش تولید مس در آمریکا بیش از یک میلیارد دلار است.

۵- استرالیا

تولید معدن: ۹۹۰ هزار تن

استرالیا ۹۹۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید کرد که از ۹۵۸ هزار تن در سال ۲۰۱۲ بالاتر بود. طبق اعلام سازمان علوم زمین استرالیا، بیشتر منابع مس این کشور در کوئینزلند و استرالیای جنوبی و همین طور نورترن تریتوریز واقع شده اند. عمده تولید این کشور در منطقه "مونت ایزا" در کوئینزلند و معدن "المپیک دم" در استرالیای جنوبی متمرکز شده است.

۶- روسیه

تولید معدن: ۹۳۰ هزار تن

روسیه ششمین تولیدکننده بزرگ مس در جهان است که ۹۳۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید کرد. این میزان نسبت به ۸۸۳ هزار تن تولید در سال ۲۰۱۲ افزایش داشت. بازار نزدک آمریکا اعلام کرده روسیه حدود ۱۰ درصد از ذخایر مس جهان را در اختیار دارد و این ذخایر عمدتا در سیبری و اورالز واقع هستند.

اکثر پروژه‌های مس روسیه در مناطق دورافتاده بوده و از جمعیت و زیرساخت فاصله دارند که فعالیت‌های معدنی را نسبتا دشوار می‌سازد. بعلاوه این کشور قوانینی دارد که میزان سرمایه گذاری خارجی در ذخایر معدنی‌اش را محدود می‌کند.

۷- جمهوری دموکراتیک کنگو

تولید معدن: ۹۰۰ هزار تن

جمهوری دموکراتیک کنگو ۹۰۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید کرد که افزایش قابل توجهی نسبت به ۶۰۰ هزار تن تولید سال ۲۰۱۲ داشت. صندوق بین المللی پول برآورد کرده است این سطح تولید ممکن است رشد اقتصادی این کشور را به ۸,۷ درصد در سال ۲۰۱۴ برساند. صنعت معدن در سال ۲۰۱۲ در بیش از ۱۵ درصد از تولید ناخالص داخلی کنگو سهم داشت.

۸- زامبیا

تولید معدن: ۸۳۰ هزار تن

در زامبیا ۸۳۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید شد که نسبت به ۶۹۰ هزار تن در سال ۲۰۱۲ افزایش داشت. طبق گزارش وال استریت ژورنال، در سال گذشته پروژه‌های متعدد مس در زامبیا آغاز شد و تولید این کشور را ۲۱ درصد در ۱۱ ماه نخست سال افزایش داد.

۹- کانادا

تولید معدن: ۶۳۰ هزار تن

کانادا با تولید ۶۳۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ که نسبت به ۵۷۹ هزار تن در سال ۲۰۱۲ افزایش داشت، به جمع ۱۰ کشور تولیدکننده بزرگ این فلز راه یافت. حجم و ارزش تولید این کشور با وجود کاهش قیمت مس افزایش یافت. سازمان منابع طبیعی کانادا این امر را به افزایش راه اندازی معادن جدید از سوی گلنکوراکستراتا و هودبی مینرالز نسبت داده است.

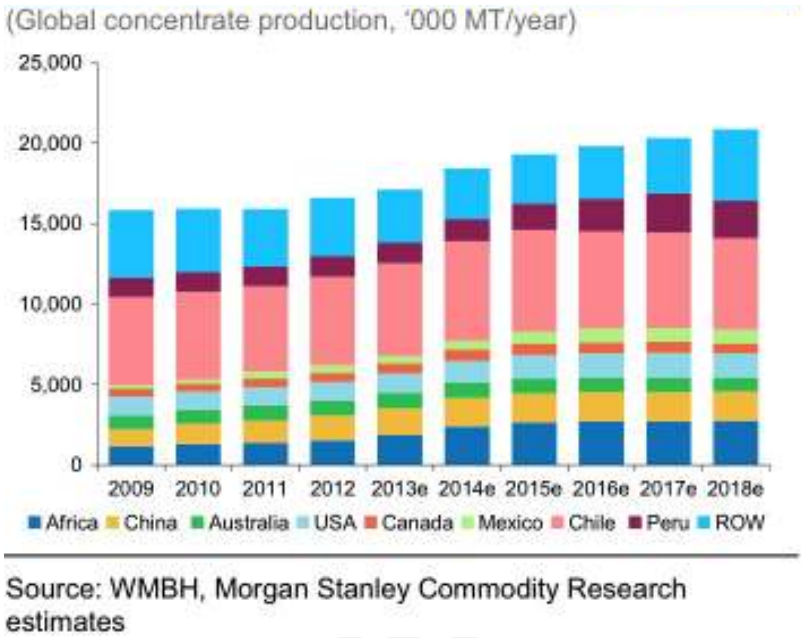
۱۰- مکزیک

تولید معدن:۴۸۰ هزار تن

مکزیک که در رتبه دهم بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده مس در جهان قرار دارد، ۴۸۰ هزار تن تولید در سال ۲۰۱۳ داشت که بالاتر از ۴۴۰ هزار تن تولید سال ۲۰۱۲ بود. همانند کشورهای دیگر این فهرست مکزیک افزایش تولید مس تا دو سال آینده را پیش بینی کرده است. با این همه بر اساس گزارش بلومبرگ، برای نیل به

این هدف قیمت‌های مس باید ثابت بماندر نمودار زیر که اطلاعات آن مربوط به مورگان استنلی است بـه خـوبی می‌توانید سهم بالای شیلی در تولید جهانی مس را مشاهده کنید.

در شکل۶-۵ سهم هر یک از کشورهای عمده تولیدکننده مس در تولید جهانی مس را مشاهده می‌کنیـد کـه در این سهم ۲۰۱۸ نیز پیش‌بینی شده است.

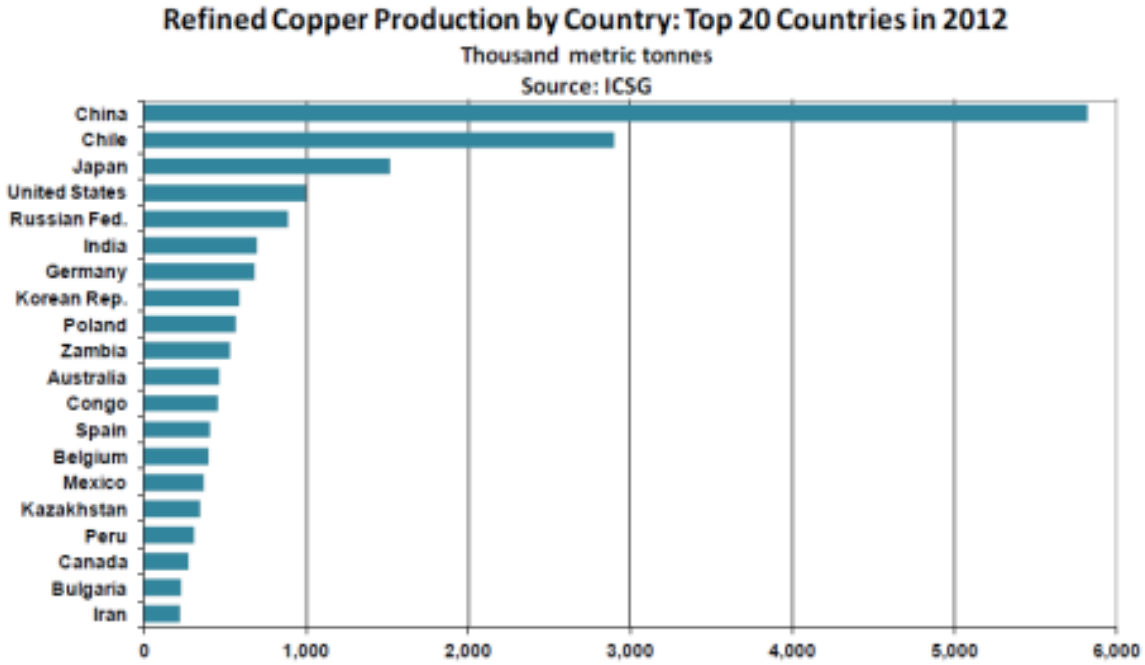


شکل۶-۵. سهم هر یک از کشورهای عمده تولید کننده مس در تولید جهانی و پیش بینی آن تا ۲۰۱۸

۶-۲-۲. میزان تولید مس تصفیه شده در جهان

تولید مس پالایشی در جهان در سال ۲۰۱۲ حدود ۲۰,۱ میلیون تن بوده است که از این مقدار ۱۶,۷ میلیـون تن مس اولیه(تولید معدنی) بوده و ۳,۴ میلیون تن مس ثانویه(بازیافت قراضه) بوده است. در شکل۶-۶ تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان آمده است.

چین با تولید ۵,۸ میلیون تن بیشترین سهم را در تولید مس پالایشی دارد .لازم بـه ذکـر اسـت کـه مصـرف ظاهری مس چین در همان سال ۸,۸ میلیون تن بوده است .ایران نیز با تولید ۲۳۰ هزارتن در جایگاه بیسـتم قـرار دارد[۲۴].



شکل۶-۶. تولید مس پالایشی در جهان در سال ۲۰۱۲

برطبق گزارش های منتشره توسط گرو ه های فعال بین المللی از جمله CRU Group بیشترین میزان تولید مس در مناطق آسیا، آمریکای جنوبی و مرکزی و اروپا بوده است .بر طبق گزارش این نهاد، در سال ۲۰۱۱ چین با تولید ۲۶ درصد مس رتبه نخست تولید جهان را دارا بوده است .نکته قابل توجه در این اثنا این است که چین در مقام ذخایر بین المللی در رتبه 16 جهانی قرار دارد .بعد از چین، شیلی در رتبه دوم تولید قرار دارد و 15 درصد تولید جهانی را در دست دارد .رتبه سوم تولید مس با 7 درصد در اختیار ژاپن می باشد .در میان تولیدکنندگان مس در آسیا، چین، ژاپن و هند به ترتیب در رتبه های نخست قرار دارند و در سال ۲۰۱۱ کشورهای آسیایی توانسته اند که حدود 46 درصد تولید مس را در جهان به خود اختصاص دهند و پیش بینی شده است که میزان تولید مس در این ناحیه تا سال 2015 به ۱۳ هزار تن و سهم ان از تولید مس جهانی به بیش از۵۵ درصد برسد[۲۵].

جدول۶-۴. تولید مس تصفیه شده در مناطق مختلف دنیا

منطقه	۲۰۱۱		۲۰۱۵	
	تولید(هزار تن)	سهم	تولید (هزار تن)	سهم
آسیا	۸۶۹۸	۴۶,۲	۱۳۱۵۳	۵۵,۹
امریکای جنوبی و مرکزی	۳۵۰۹	۱۸,۷	۳۴۵۳	۱۴,۷
اروپا	۳۵۰۲	۱۸,۶	۳۴۷۷	۱۴,۸
امریکای شمالی	۱۶۲۷	۸,۶	۱۸۵۷	۷,۹
افریقا	۹۸۳	۵,۲	۱۲۵۰	۵,۳
استرالیا	۴۹۲	۲,۶	۳۴۳	۱,۵
جمع	۱۸۸۱۱	۱۰۰	۲۳۵۳۳	۱۰۰

جدول۶-۵. وضعیت تولید مس تصفیه شده در سه کشور عمده دنیا

۲۰۱۱			۲۰۱۵		
نام کشور	تولید (هزارتن)	سهم	نام کشور	تولید(هزار تن)	سهم
چین	۴۹۴۷	۲۶,۳	چین	۸۲۹۹	۳۵,۳
شیلی	۲۹۱۱	۱۵,۵	شیلی	۲۸۱۳	۱۲
ژاپن	۱۳۰۲	۶,۹	ژاپن	۱۴۴۴	۶,۱
دنیا	۱۸۸۱۱	۱۰۰	دنیا	۲۳۵۳۳	۱۰۰

جدول۶-۶. وضعیت تولید مس تصفیه شده در سه کشور عمده تولید کننده در آسیا

۲۰۱۱			۲۰۱۵		
نام کشور	تولید (هزارتن)	سهم	نام کشور	تولید(هزار تن)	سهم
چین	۴۹۴۷	۵۶,۹	چین	۸۲۹۹	۶۳,۱
ژاپن	۱۳۰۲	۱۵	ژاپن	۱۴۴۴	۱۱
هند	۶۵۶	۷,۵	هد	۱۰۲۰	۷,۸
سایر	۱۷۹۳	۲۰,۶	سایر	۲۳۹۰	۱۸,۱
آسیا	۸۶۹۸	۱۰۰	اسیا	۱۳۱۵۳	۱۰۰

۶-۲-۳. وضعیت تولید مس در ایران(شرکت ملی مس)

میزان تولید مس در ایران در ابتدای تاسیس شرکت مس نمونه یک بسیار ناچیز بود و در واقع همین معدن تامین کننده مس در کشور بود .به تدریج با کشف معادن در نقاط مختلف کشور و آغاز بهره برداری و استحصال از این معادن میزان تولید کشور افزایش یافت، بطوریکه علاوه بر تامین نیاز داخلی، مقداری نیز به خارج از کشور صادر گردید .در جدول۶-۷ و جدول۶-۸ زیر میزان تولید این محصول در کشور را نشان می دهد .مطابق جدول۶-۷

حدود ۴۵ درصد از کل تولیدات مس کشور در مجتمع مس نمونه یک تولید می گردد .حدود ۲۰ درصد تولیـدات در مجتمع نمونه دو و ۳۵ درصد در مجتمع مس نمونه چهار تولید می شود .با توجه به طرح های توسـعه کـه شـرکت ملی مس به خصوص در مجتمع نمونه چهار در دست اجرا دارد در صورت آغاز بهره برداری از ایـن طـرح هـا تولیـد مس در کشور به صورت جهشی افزایش خواهد یافت.

جدول۶-۷. میزان تولید فراورده های مس در واحدهای تولیدی زیرمجموعه شرکت ملی مس واحد:هزار تن

شرح		از ابتدای سال		عملکرد ۱۳۸۹
		عملکرد ۱۳۹۰	درصد تغییر	
کل استخراج	نمونه یک	55275	25	44382
	نمونه دو	25446	21	21069
	نمونه چهار	42268	14	36961
	جمع	122990	20	102412
سنگ سولفور	نمونه یک	23778	3	23033
	نمونه دو	6580	2	6438
	نمونه چهار	6949	6	6526
	جمع	37308	4	35999
کنسانتره مس	نمونه یک	600	0	598
	نمونه دو	145	-3	149
	نمونه چهار	155	9	142
	جمع	900	1	889
مس محتوا کنسانتره	نمونه یک	151	-4	157
	نمونه دو	47	-4	49
	نمونه چهار	45	8	41
	جمع	243	-2	248
آند	ذوب نمونه یک	178	-2	181
	ذوب نمونه هشت	90	-10	100
	جمع	268	-5	281
کاتد	پالایشگاه	225	6	213
	لیچینگ	9	25	7
	جمع	235	6	221

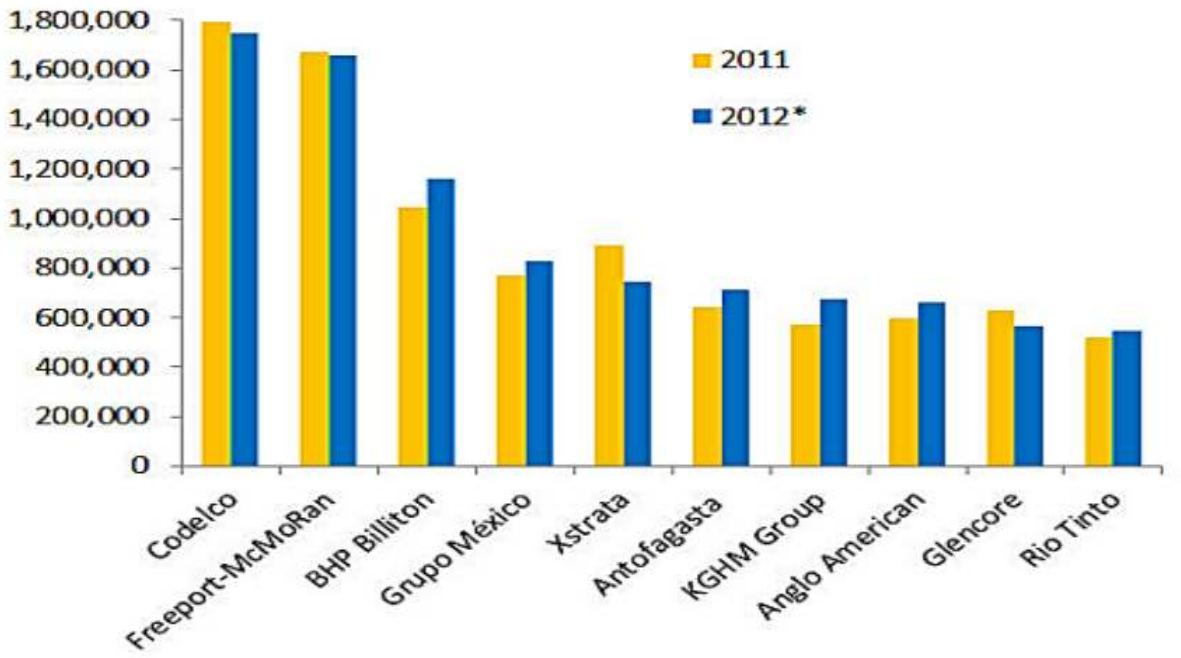
ایران در سال۲۰۱۱ با تولید۲۲۷ هزار تن مس تصفیه شده در این زمینه رتبه۲۰ جهانی را بدست آورده اسـت. و ۱,۲ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است .در سال مذکور ایران در منطقه آسـیا هفتمـین کشـور تولید کننده مس بوده و ۲,۶درصد از تولیدات منطقه آسیا به ایران تعلق داشته است[۲۵].

جدول۶-۸. میزان تولید فراورده های مس در جهان در سال ۲۰۱۱

تولید	هزار تن مس محتوی			آسیا		کل دنیا	
	کل دنیا	اسیا	ایران	رتبه	درصد	رتبه	درصد
تولیدات معدنی	۱۵۶۲۴	۳۱۲۶	۲۵۹	۴	۸,۳	۱۴	۱,۷
مس آند	۱۳۷۰۹	۶۹۸۶	۲۷۰	۶	۳,۹	۱۶	۲
مس تصفیه شده	۱۸۸۱	۸۶۹۸	۲۲۷	۷	۲,۶	۲۰	۱,۲

۶-۳. معرفی ۱۰ شرکت برتر تولید کننده مس جهان در سال ۲۰۱۲

در شکل۶-۷ زیر ۱۰. شرکت برتر تولید کننده فلز مس در سالهای ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ نشان داده شده اند[۲۳].



شکل۶-۷. معرفی ۱۰ شرکت برتر تولید کننده مس جهان در سال ۲۰۱۲ ، منبع: CRU

۱- کودلکو Codelco:

کودلکو یک شرکت مستقل و متعلق به دولت شیلی می باشد که دارای ۲۰ درصد از ذخایر مس جهان می باشد. کودلکو با تولید ۷۶,۱ میلیون تن مس تصفیه شده در سال ۲۰۱۱ حدود ۱۱ درصد از تولید کل مس جهان را به خود اختصاص داده است. در سال ۲۰۱۲ با کاهش میزان تولید همچنان در ردیف نخست قرار دارد. همچنین دارایی های این شرکت ارزشی بیش از ۲۰ میلیارد دلار دارد

۲- فیری مک موران Freeport-McmoRan Copper & Gold Inc. (USA)

فیری مک موران، بزرگترین شرکت جهان در داد و ستد مس است. دارایی های این شرکت شامل مجموعه معدن Grasberg در اندونزی، بزرگترین معدن مس و طلا در جهان برأساس ذخایر اقتصادی، معادن معدنی Morenciو Safford منطقه ای در شمال امریکا و معادن معدنی Fungurume Tenke منطقه ای در جمهوری دموکراتیک کنگو است.تولیدات این شرکت در سال ۲۰۱۱ حدود ۷,۱ میلیون تن مس تصفیه شده بوده است. این شرکت با کاهش بسیار اندک در تولیدات خود در سال ۲۰۱۲ همچنان در رتبه ی دوم قرار دارد.

۳- بی اچ پی بیلیتون (Australia) .BHP Billiton Ltd:

این شرکت بیش از یک میلیون تن مس تصفیه شده از تولید جهان را در سال ۲۰۱۱ به خود اختصاص داده است. اما در سال ۲۰۱۱ با افزایش میزان تولید به مرز ۲,۱ میلیون تن رسیده است .این در حالی است که این شرکت یکی از بزرگترین تولید کنندگان مواد معدنی آلومینیوم، مس، منگنز، سنگ آهن، اورانیوم، نیکل، نقره و تیتانیوم در جهان می باشد.

۴- گروپ مکزیکو Grupo Mxico (Mexico)

بزرگترین شرکت معدنی در مکزیک، عامل ۱۳ معدن در ایالات متحده آمریکا، مکزیک و پرو است. که از حد تولید زیر ۸۰۰۰۰۰ تن در سال ۲۰۱۱ به بالای این مرز در سال ۲۰۱۲ رسیده است و جایگاه خود را از مکان پنجمی به چهارمی جهان انتقال داده است. مهم ترین دارایی های مس شرکت شامل مجموعه معدن Cananea در مکزیک، و همچنین معادن Toquepala و Cuajone در پرو می باشد.

۵- ایکس زستراتا Xstrata Plc (Switzerland)

یکی از پنج تولید کننده بزرگ مس، زغال سنگ حرارتی، زغال سنگ حرارتی، فروکروم، روی و نیکل است کوه درمعادن ۱۹ کشور در حال فعالیت است .تولید مس این شرکت در سال ۲۰۱۱ بیش از ۹۰۰ هزار تن بوده که حدود 6 درصد از تولید مس جهان را تشکیل می دهد اما در سال ۲۰,۱۲ باا کاهش تولید همراه بوده و به زیر ۸۰۰ هزار تن رسیده است. این شرکت دارای سایت تولید و فرآوری مس واقع در کشورهای استرالیا، شیلی، پرو، آرژانتین و کانادا می باشد.

۶- ریوتینتو Rio Tinto Group (UK/Australia)

تولید مس Rio Tinto در سال ۲۰۱۲ با کمی افزایش به حدود ۶۰۰ هزار تن رسیده است .ریو تینتو در اکتشاف، توسعه، تولید و فرآیند مواد معدنی فعالیت دارد .گروه تولیدات شرکت شامل آلومینیوم، مس، الماس و مواد معدنی، ذغال سنگ، سنگ آهن، اورانیوم، مولیبدن، طلا، بورات، دیوکسید تیتانیوم، نمک و طلق است. تجارت

این شرکت درزمینه معدن های زیرزمینی و روزمینی، تراش فلزات، پالایشگا ه هوا و کوره هوای ذوب فلز و همچنین دارای تعدادی تأسیسات خدماتی و تحقیقاتی می باشد.

۷- آنگلوا آمریکن (Anglo American Plc (UK:

در سال ۲۰۱۲ با افزایش از فروش محصولات مس خود بیش از ۴,۸ میلیارد درآمد داشته است. منابع شرکت در شیلی متمرکز شده و عبارتند از Los Bronces، El Soldado، Mantos Blancos و Mantoverde همچنین انتظار می رود تولید مس این شرکت به بیش از ۹۰۰ هزار تن در سال افزایش یابد.

۸- گلن کور اینترنشنال (Glencore International-AG- (Switzerland:

یکی از تولید کنندگان جهانی است که با بیش از ۵۴۸۰۰ کارمند در ۳۰ کشور فعال است و در سال ۲۰۱۲ حدود ۶۰۰ هزار تن تولید مس داشته است .دارایی های مس AG شامل ۱۵,۷۵ درصد از سهام در معادن کاتانگا در جمهوری دموکراتیک کنگو، ۱,۷۳ درصد سهام معدن Mopani در زامبیا، مالکیت ۱۰۰% از معدن Cobar در استرالیا و مالکیت ۷۸٪ از فیلیپین اسوشیتد ذوب و پالایش شرکت PASAR است.

۹- KGHM Polska Miedz SA (Poland)

یکی از بزرگترین شرکت های لهستان با بیش از ۲۸۰۰۰ کارمند با درآمد ناخالص بیش از ۳ میلیارد دلار است. فعالیت KGHM در سه معدن، Lubin ، Rudna و Polkowice Sierszowice ، که ۴۲۶ هزار تن مس در سال ۲۰۱۲ تقریباً تولیدی به میزان ۷۰۰ هزار تن مس داشته است.

که در جدول۶-۹ میزان تولید مس برحسب تن در پنج شرکت بزرگ آورده شده است.

جدول۶-۹. تولید مس پنج شرکت بزرگ معدنی بر حسب تن

نام شرکت	سال ۲۰۱۲	سال ۲۰۱۳
Codelco	۱۶۴۴۶۷۰	۱۶۲۰۰۰۰
Glencore Xstrata	۱۰۲۷۰۰۰	۱۳۴۰۱۰۰
BHP Billiton	۱۶۸۹۴۰۰	۱۷۲۷۱۰۰
Freeport-McMoRan	۱۳۲۹۰۰۰	۱۴۹۳۰۰۰
Rio Tinto	۸۲۸۲۰۰	۹۳۱۶۰۰
مجموع	۶۵۱۸۲۷۰	۷۱۱۱۸۰۰

۶-۴. ۲۰معدن نخست مس بر اساس ظرفیت در سال ۲۰۱۲

همانطور که جدول۶-۱۰ نشان می دهد بزرگترین معدن دنیا معدن اسکوندیدا متعلق به کشور شیلی با ظرفیت ۱۲۵ هزار تن می باشد که در مالکیت شرکتهای BHP bilton ، Rio tinto ، و Escondida می باشد .با توجه به مالکیت عمده شرکت BHP در این معدن(بیش از ۵۱٪) این شرکت را باید مالک بزرگترین معدن جهان دانست .شیلی را باید قطب عمده تولید مس جهان دانست همچنان که رتبه های دوم(متعلق به شرکت کودلکو شیلی)، چهارم، پونجم، ششم، دهم، چهاردهم و نوزدهم نیز در کشور شیلی قرار دارند" گرأسبرگ " اندونزی با ظرفیت ۷۵۰ هزار تن رتبه اول آسیا و سوم جهان را در اختیار دارد. معدن نمونه یک با ظرفیت ۲,۴ هزار تن کنسانتره در رتبه ۱۸ جهان و چهارم آسیا قرار دارد .معادن اندونزی و قزاقستان بالاتر از" مس نمونه یک قرار دارند[۲۳].

جدول۶-۱۰. ظرفیت معدن ۲۰ کشور برتر دنیا در سال ۲۰۱۲ منبعICSG

رتبه	معدن	کشور	روشهای تولید	ظرفیت (هزرتن)
۱	اسکوندیدا	شیلی	کنسانتره SX-EW	۱۲۵۰
۲	کودلکو	شیلی	کنسانتره SX-EW	۹۲۰
۳	گراسبرگ	اندونزی	کنسانتره	۷۵۰
۴	کولاهواسی	شیلی	کنسانتره SX-EW	۵۲۰
۵	لاس پلامبرس	شیلی	کنسانتره	۴۷۰
۶	التنیته	شیلی	کنسانتره SX-EW	۴۳۴
۷	تایمیر پنیسولا	روسیه	کنسانتره	۴۳۰
۸	مورنسی	امریکا	کنسانتره SX-EW	۴۲۰
۹	آنتامینا	پرو	کنسانتره	۳۷۰
۱۰	اندینا	شیلی	کنسانتره	۳۰۰
۱۱	بینگهام کانیون	امریکا	کنسانتره	۲۸۰
۱۲	باتو هیجادو	اندونزی	کنسانتره	۲۵۰
۱۳	کانسانشی	زامبیا	کنسانتره SX-EW	۲۵۰
۱۴	لاس بورنوسس	شیلی	کنسانتره SX-EW	۲۴۶
۱۵	زگازان کامپلکس	قزاقستان	کنسانتره	۲۳۰
۱۶	المپیک دان	استرالیا	کنسانتره SX-EW	۲۲۵
۱۷	رودنا	لهستان	کنسانتره	۲۱۵
۱۸	نمونه یک	ایران	کنسانتره SX-EW	۲۰۴
۱۹	اسپتس	شیلی	SX-EW	۲۰۰
۲۰	لاکانیداد	مکزیک	کنسانتره SX-EW	۱۹۵

۶-۵. ۲۰ کوره ذوب بزرگ مس بر اساس ظرفیت در سال۲۰۱۲

بزرگترین کوره های ذوب عمدتا در آسیا و در کشورهای چین و ژاپن قرار دارد. علت این موضوع نیز نبود معادن غنی و همچنین استفاده از تکنولوژی ذوب در این کشورهاست .رتبه نخست متعلق به شرکت چینی "گویژی "با ظرفیت ذوب ۹۰۰ هزار تن می باشد. رتبه دوم نیز متعلق به شرکت هندی" بیرلا کوپر "است که ظرفیتی معادل ۵۰۰ هزار تن دارد. " کودلکو " شیلی با دو کوره ۴۵۰ هزارتنی و۴۰۰ هزار تنی رتبه های سوم و هشتم را در اختیار دارد[۲۳].

جدول۶-۱۱. ۲۰ کوره اول بر اساس ظرفیت در دنیا در سال ۲۰۱۲ منبعICSG

رتبه	کوره	کشور	ظرفیت (هزار تن)
۱	گویژی	چین	۹۰۰
۲	بیرلایکوبر	هند	۵۰۰
۳	کودلکو	شیلی	۴۵۰
۴	ساگانوسکی	ژاپن	۴۵۰
۵	هامبورگ	آلمان	۴۵۰
۶	بسشی (تویو)	ژاپن	۴۵۰
۷	ساگانوسکی	ژاپن	۴۵۰
۸	التنیته	شیلی	۴۰۰
۹	جینچوآن	چین	۴۰۰
۱۰	نوریسک	روسیه	۴۰۰
۱۱	استرلیته	هند	۳۸۰
۱۲	لو	پرو	۳۶۰
۱۳	التونورته	شیلی	۳۵۰
۱۴	جین لانگ	چین	۳۵۰
۱۵	یونان	چین	۳۲۲
۱۶	اوناهاما	ژاپن	۳۲۰
۱۷	اونسان	کره	۳۲۰
۱۸	هوالوا	اسپانیا	۳۲۰
۱۹	گارفیلد	امریکا	۳۲۰
۲۰	نایوشیما	ژاپن	۳۰۶

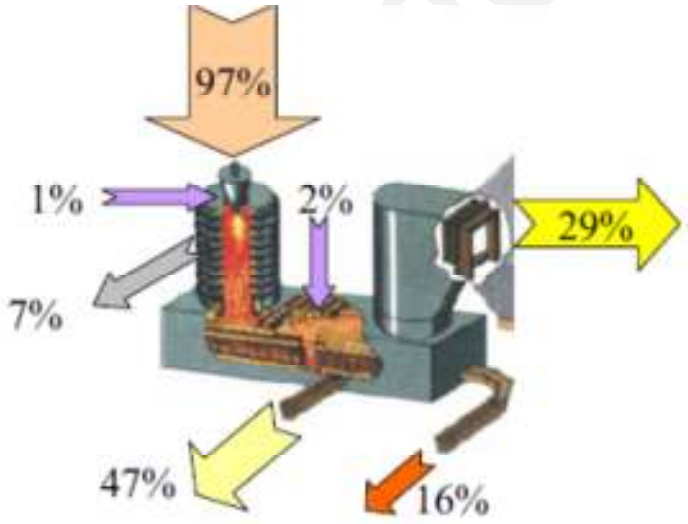
فصل هفتم:
ارائه آخرین شاخص های مصرف، دستاوردها و تکنولوژی های نوین تولید در کشورهای مختلف دنیا از دیدگاه مصرف انرژی

۷-۱. تکنولوژی‌های تولید مس در واحدهای صنعتی دنیا

در روش‌های سنتی تولید مس از روش تشویه، کوره‌های ریورب (یا کوره‌های الکتریکی برای سنگ‌های پیچیده‌تر) برای تولید مات و تبدیل آن به مس بلیستر در کنورتور استفاده می‌کردند. کوره‌های الکتریکی در صورت ارزان بودن انرژی مقرون به صرفه هستند و در غیر این صورت صرفه اقتصادی ندارند[۲۸]. از کوره‌های الکتریکی فعال دنیا می‌توان به Rönnskär در سوئد و Mufulira در زامبیا اشاره کرد[۲۹]. Rönnskär بزرگترین تولید کننده مس از قراضه‌های مسی است. کوره‌های ریورب در حال حاضر حدود ۱۵٪ سهم تولید جهانی را به خود اختصاص داده است این در حالی است که سهم این روش در تأمین مس دنیا در سال ۱۹۹۴، ۲۵٪ بوده است. مصرف انرژی در این کوره‌ها بالاست و به علت کم بودن گوگرد در گاز خروجی احداث واحد تولید اسید سولفوریک مرقون به صرفه نیست. لذا گاز خروجی کوره وارد اتمسفر محیط می‌گردد که از لحاظ زیست محیطی نقطه ضعف محسوب می‌شود[۲۹][۳۰]. مصرف انرژی در این روشها MBTU ۴۰-۳۰ برای هر تن کاتد است.[۲۸] از کوره‌های ریورب دنیا می‌توان به Flin Flon در کانادا، Onahama در ژاپن، Palabora در آفریقای جنوبی و مس نمونه یک در ایران اشاره کرد. در اروپا هیچ کوره ریوربی برای تولید مس استفاده نمی‌شود[۲۹][۳۰]

استفاده از کوره‌های فلش از سال ۱۹۴۹ در فنلاند شروع شد. در این کوره‌ها از انرژی گرمایی حاصل از واکنش گرمازای سوختن ترکیبات سولفیدی استفاده می‌شود. مصرف انرژی در واحدهایی که از کوره‌های تشعشعی استفاده می‌کنند تا MBTU ۲۰ برای هر تن کاتد کاهش می‌یابد. علاوه بر این در این روش به علت غلظت بالای گوگرد در گاز خروجی احداث واحد اسید سولفوریک مرقون به صرفه است[۲۸][۳۰]. کوره‌های فلش از سال ۱۹۷۰به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفتند به طوری که بیش از ۴۰ کوره فلش به صورت جایگزین با کوره ریورب یا به صورت یک واحد جدید نصب شده است [۳۱].

از میان تکنولوژی‌های مختلف تولید، روش کوره فلش متداول‌ترین روش تولید است که حدود ۵۰ درصد تولید را به خود اختصاص داده است. مصرف انرژی در این روش نسبت به روش قدیمی‌تر ریورب بسیار کمتر است. در کوره فلش از انرژی حاصل از سوخت ترکیبات سولفیدی برای ذوب استفاده می‌شود. پس از آغاز به کار اولین واحد کوره فلش در Harjavalta در فنلاند، اتوکمپو در صدد برآمد با پیش‌گرم کردن هوای دمشی و نیز استفاده از سوخت به صورت جزئی، بالانس حرارتی کوره را کنترل کند. اما امروزه دیگر کمتر واحد صنعتی از پیش‌گرم کردن هوای ورودی استفاده می‌کند و استفاده از هوای غنی از اکسیژن جایگزین پیش‌گرم کردن هوا شده است. شکل۷-۱ بالانس حرارتی معمول یک کوره فلش را نشان می‌دهد. همانطور که نشان داده شده است ۹۷٪ انرژی موردنیاز از طریق مواد جامد ورودی تأمین می‌گردد [۳۱]. غنی کردن هوای ورودی با اکسیژن باعث افزایش قابل توجه ظرفیت کوره می‌شود. به عنوان مثال ظرفیت طراحی دو کوره فلش کارخانه Saganoseki ژاپن، ۱۲۰۰۰۰ تن مس در سال بود که پس از اجرای طرح دمش اکسیژن، این ظرفیت به ۴۰۰۰۰۰ تن مس در سال رسید. این در حالی است که یکی از دو کوره مذکور نیز متوقف شده و فقط یکی در حال کار است [۳۲].



In	% of energy
Solid feed	96.7
Nat. gas to RS	1.4
Nat. gas to settler	1.9
Air/gases	0.0
Total	100.0

Out	% of energy
Matte	16.0
Slag	47.4
Gas to WHB	29.3
Heat losses	7.3
Total	100.0

شکل۷-۱. بالانس حرارتی متداول یک کوره فلش[۳۲]

تکنولوژی کوره فلاش، تکنولوژی غالب وبرتر است و حدود ۵۰ درصد از تولید مس دنیا از این روش انجام می‌گیرد. در جدول۷-۱ لیست ۴۴ کوره فلش اتوکمپو در حال کار در دنیا تا سال ۲۰۰۸ را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد ۶ عدد از این کوره‌ها از نوع DB(Direct to Blister) است. در این روش از کنسانتره ورودی مستقیما بلیستر تولید می‌شود و نیازی به کنورتور نیست [۳۲].

از سایر روشهای مورد استفاده در فرآیند ذوب مس می‌توان به روش اینکو، میتسوبیشی، نوراندا و Teniente اشاره کرد.

در روش اینکو ابتدا کنسانتره در یک بستر سیال خشک شده و سپس همراه با اکسیژن به کوره دمیده می‌شود. از کوره‌های اینکو فعال در دنیا می‌توان به Copper Cliff در کانادا و Hayden در آریزونای آمریکا اشاره کرد [۲۹][۳۰].

در روش میتسوبیشی ترکیبی از فرآیندهای تشویه، ذوب و تبدیل در یک کوره و به صورت پیوسته انجام می‌شود. از فرآیندهای میتسوبیشی در حال کار در دنیا می‌توان به Naoshima در ژاپن، Kidd Creek در کانادا، Onsan در کره، Gresik در اندونزی و Port Kembl در استرالیا اشاره کرد[۳۰][۳۳]

روش Teniente نیز یک روش ذوب و تبدیل است که برای ذوب کنسانتره از انرژی گرمایی حاصل از اکسیداسیون کنسانتره استفاده می‌شود. در این روش کنسانتره می‌تواند به صورت تر یا خشک شارژ شود. در صورت شارژ کنسانتره به صورت تر نیاز به یک کوره ریورب نیز خواهد بود. واحدهای فعال این روش در کشورهای شیلی، پرو و برزیل است [۳۰].

نوراندا نیز یک روش ذوب و تبدیل است که کنسانتره به صورت پلت شده به آن شارژ می‌شود. انرژی موردنیاز از طریق گازطبیعی و یا گازوئیل تأمین می‌شود. از کوره‌های نوراندا می‌توان به Horne در کانادا اشاره‌کرد[۲۹][۳۰].

جدول۷-۱. لیست کوره‌های ذوب مس فلش اتوکمپو در دنیا تا سال ۲۰۰۸ [۳۲]

Smelter	Process	Year
Outokumpu Oy, Harjavalta, Finland	Cu smelting	1949
Furukawa Co Ltd., Ashio, Japan	Cu smelting	1956
Combinatul Chimico Metalurgic, Baia Mare, Romania	Cu smelting	1966
The Dowa Mining Co Ltd., Kosaka, Japan	Cu smelting	1967
Nippon Mining Co Ltd., Saganoseki, Japan	Cu smelting	1970
Sumitomo Metal Mining Co Ltd., Toyo, Japan	Cu smelting	1971
Hindustan Copper Ltd., Ghatsila, India	Cu smelting	1971
Peko Wallsend Metals Ltd., Mount Morgan, Australia	Cu smelting	1972
Hibi Kyodo Smelting Co Ltd., Tamano, Japan	Cu smelting	1972
Norddeutsche Affinerie AG, Hamburg, Germany	Cu smelting	1972
Nippon Mining Co Ltd., Hitachi, Japan	Cu smelting	1972
Karadeniz Bakir Isletmeleri AS, Samsun, Turkey	Cu smelting	1973
Peko Wallsend Metals Ltd., Tennant Creek, Australia	Cu smelting	1973
Nippon Mining Co Ltd., Saganoseki, Japan	Cu smelting	1972
Hindustan Copper Ltd, Khetri, India	Cu smelting	1974
Rio Tinto Minera SA, Huelva, Spain	Cu smelting	1975
Phelps Dodge Corporation, Playas, USA	Cu smelting	1976
Gécamines, Luilu, Zaire	Cu smelting / DB	
Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedz, Glogow, Poland	Cu smelting / DB	1978
Korea Mining & Smelting Co Ltd., Onsan, South Korea	Cu smelting	1979
Norilsk Mining & Metallurgical Co, Norilsk, Russia	Cu smelting	1981
Caraiba Metais SA, Camacari, Brazil	Cu smelting	1982
Philippine Associated Smelting & Refining Co., Isabel, the Philippines	Cu smelting	1983
Jiangxi Copper Corporation, Guixi, China	Cu smelting	1985
Mexicana de Cobre SA, El Tajo, Mexico	Cu smelting	1986
MDK G Damianov, Srednogorie, Bulgaria	Cu smelting	1987
Codelco, Chuquicamata, Chile	Cu smelting	1988
Magma Copper Co., San Manuel, USA	Cu smelting	1988
Roxby Management Services Pty Ltd, Olympic Dam, Australia	Cu smelting / DB	1988
Compania Minera Disputada de las Condes SA, Chagres, Chile	Cu smelting	1995
Kennecott Utah Copper Corp., Salt Lake City, USA	Cu smelting	1995
Kennecott Utah Copper Corp., Salt Lake City, USA	Cu converting	1995
Jinlong Copper Co Ltd., Tongling, China	Cu smelting	1997
Indo-Gulf Fertilisers & Chemical Ltd, Gujarat, India	Cu smelting	1998
WMC Resources Ltd, Olympic Dam, Australia	Cu smelting / DB	1999
Boliden Mineral AB, Rönnskär, Sweden	Cu smelting	2000
Southern Peru Copper Corporation, Ilo, Peru	Cu smelting	
Southern Peru Copper Corporation, Ilo, Peru	Cu converting	
National Iranian Copper Industries Co., Khatoon Abad, Iran	Cu smelting	2004
Yanggu Xiangguang Copper, Shandong, China	Cu smelting	2006
Yanggu Xiangguang Copper, Shandong, China	Cu converting	2006
KGHM, Glogow, Poland	Cu smelting / DB	2008
Konkola Copper Mines, Zambia	Cu smelting / DB	2008
Jiangxi Copper Corporation, Guixi, China	Cu smelting	2007

جدول۷-۲ مقایسه داده‌های فنی چند کوره ذوب مات مس را نشان می‌دهد. در جدول۷-۳ نیز کل انرژی موردنیاز تا تولید محصول نهایی را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص شده است کوره ریورب کم عیارترین مات مس و میتسوبیشی پرعیارترین مات را تولید می‌کند. در کوره ریورب بالاترین نرخ گاز خروجی و کمترین نرخ مصرف اکسیژن را داریم. نرخ دمش اکسیژن در کوره‌های اینکو و فلش بالاترین میزان است.

جدول۷-۲. مقایسه داده‌های فنی چند کوره ذوب مات مس[۳۰]

	Reverberatory furnace (green batch)	Outokumpu flash smelting	Inco	Mitsubishi (continuous)
Energy consumption [GJ/t Cu]	25.6	16.4	14.2	17.2
Copper content in the matte [wt.-%]	35	62	54	65
Oxygen feed rate [kg/t Cu]	0	480	790	390
Supplementary fuel [GJ/t Cu]	20.7	6.9	3.3	9.7
Off-gas rate [m³/t Cu]	17,700	5,300	3,800	5,100
SO_2 concentration*) [%]	3.8	13	20	14

*) More recent operating results indicate the following off-gas compositions, depending also on the percentage of ingress air: Outokumpu up to about 30 %, Inco up to about 80 %, Mitsubishi up to about 20 % SO_2.

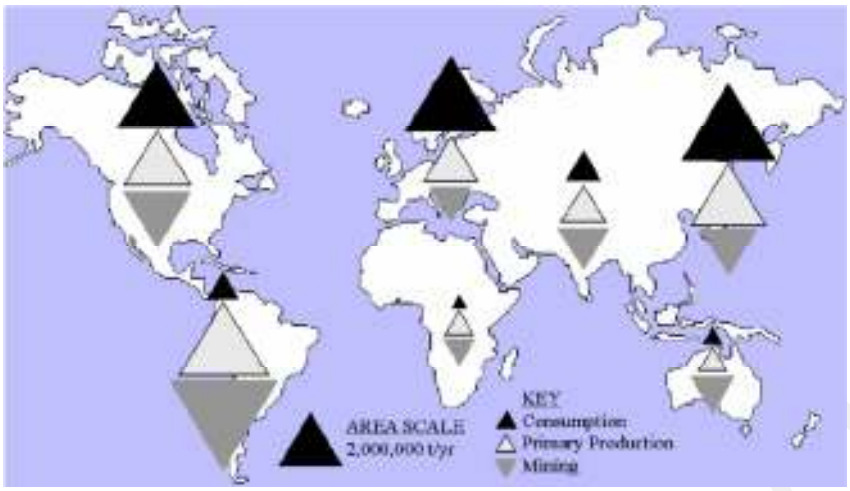
Source: Langner [49]

جدول۷-۳. کل انرژی موردنیاز تا تولید محصول مس کاتدی[۳۰]

	Reverberatory furnace (green batch)	Outokumpu flash smelting	Inco	Mitsubishi (continuous)
Energy consumption [GJ/t Cu]	40.9	23.4*)	24.7	23.1

*) Converter slag is recycled to the flash smelter

شکل۷-۲ توزیع چگونگی استخراج، تولید و مصرف مس در سطح دنیا را نشان می‌دهد. اکثریت استخراج مس در منطقه آمریکای لاتین انجام می‌گیرد که در این میان کشور شیلی تولید کننده غالب است. در نواحی آمریکای شمالی، آفریقا و آسیای میانه میزان استخراج مس و میزان تولید تقریباً برابر است. در نواحی اقیانوسیه و آمریکای لاتین کنسانتره مازاد به کشورهای صنعتی اروپایی و ژاپن صادر می‌شود[۲۸][۲۹]. کشورهای تولید کننده مشخص شده در هر ناحیه در این شکل، در جدول۷-۴ آورده شده‌اند.



شکل۷-۲. محل‌های استخراج معدن، تولید و مصرف مس در مناطق مختلف دنیا[۳۴]

جدول۷-۴. اسامی کشورهای هر ناحیه مشخص شده در شکل۷-۲ [۳۴]

Region	Countries
North America	Canada, United States of America
Latin America	Mexico and Central America, South America
Europe	Western Europe, Bulgaria, Cyprus, Macedonia, Poland, Romania, Serbia, Slovakia
Central Asia	Russia, India, Armenia, Georgia, Iran, Kazakhstan, Oman, S. Arabia, Turkey, Uzbekistan
East Asia	China, Mongolia, Nepal, Japan, South East Asian and Pacific Rim countries
Africa	All of Africa
Oceania	Australia, Papua New Guinea, New Zealand

اروپا، ژاپن و همچنین چین برای انجام پالایش و تأمین مس موردنیاز خود، کنسانتره مس را وارد می‌کنند. تقاضای کشورهای صنعتی‌تر در آمریکای شمالی، اروپا و آسیای شرقی از کشورهای کمتر صنعتی آمریکای لاتین تأمین می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود توزیع جغرافیایی کشورهای صاحب منابع معدنی و کشورهای مصرف‌کننده متفاوت است به طوری که کشورهای در حال توسعه نیم کره جنوبی، اکثر منابع مورد مصرف کشورهای صنعتی نیم کره شمالی را تأمین می‌کنند[۲۸][۲۹]. در جدول۷-۵ اسامی بیست کشور اول دنیا در تولید مس در سه بخش معدن و تغلیظ، ذوب و پالایشگاه را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود از لحاظ میزان ذخایر مس، شیلی، آمریکا و پرو به ترتیب در مقام اول تا سوم دنیا قرار دارند. از نظر ذوب کنسانتره مس، چین، ژاپن و شیلی به ترتیب در مقام‌های اول تا سوم دنیا و در پالایش، چین، شیلی و ژاپن به ترتیب در مقام‌های اول تا سوم دنیا قرار دارند[۳۵].

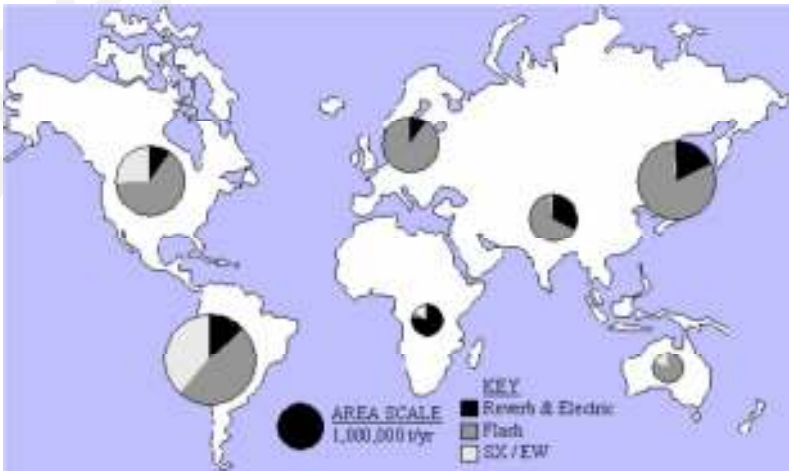
جدول۷-۵. بیست کشور اول تولید کننده مس در سه بخش معدن، ذوب و پالایشگاه در سال ۲۰۰۶[۳۵]

(Thousand Metric Tons)

	Mine	Smelter	Refinery
1	Chile (5,361)	China (2,517)	China (3,003)
2	United States (1,222)	Japan (1,628)	Chile (2,811)
3	Peru (1,049)	Chile (1,565)	Japan (1,532)
4	China (889)	Russian Fed. (1,002)	United States (1,250)
5	Australia (859)	India (625)	Russian Fed. (943)
6	Indonesia (816)	Germany (540)	Germany (662)
7	Russian Fed. (675)	Poland (525)	India (625)
8	Canada (607)	Canada (521)	Korean Rep. (575)
9	Zambia (509)	United States (501)	Poland (556)
10	Poland (497)	Korean Rep. (484)	Peru (508)
11	Kazakhstan (434)	Kazakhstan (426)	Canada (500)
12	Mexico (338)	Peru (381)	Zambia (461)
13	Iran (216)	Australia (377)	Australia (429)
14	Papua New Guinea (194)	Zambia (290)	Kazakhstan (428)
15	Argentina (180)	Spain (264)	Belgium-Lux. (391)
16	Brazil (143)	Mexico (257)	Mexico (318)
17	Congo (134)	Iran (244)	Spain (256)
18	Mongolia (132)	Bulgaria (241)	Brazil (220)
19	Bulgaria (110)	Philippines (240)	Indonesia (218)
20	South Africa (90)	Brazil (220)	Iran (201)

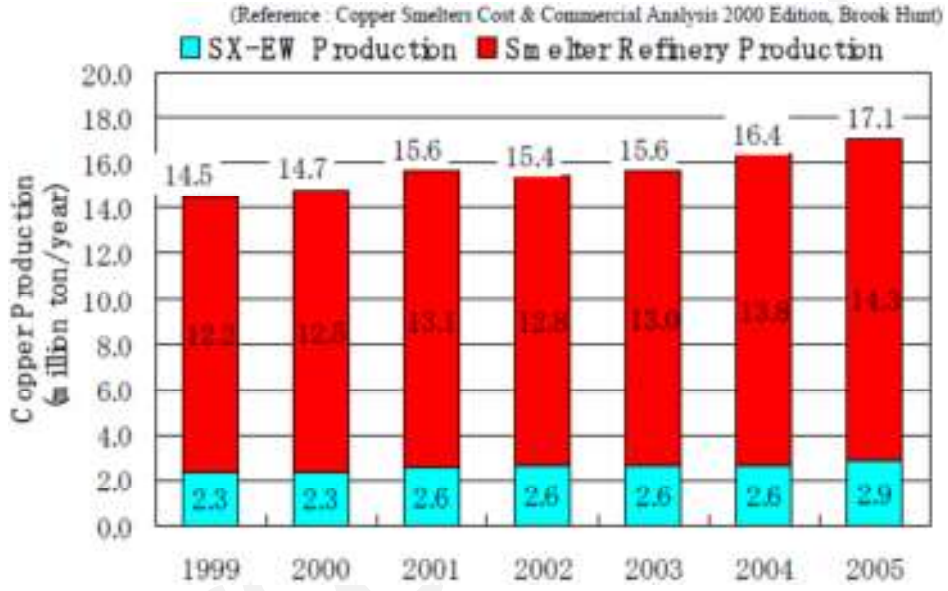
سهم هر یک از تکنولوژی‌های تولید مس در هر یک از نـواحی مشـخص شـده در شـکل۷-۲ ، در شـکل۷-۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل نیز نشان داده شده اسـت در هـر ناحیـه ترکیبـی از تکنولـوژی‌هـای مختلف استفاده می‌شود.

فرآیند SX/EW بیشتر در آمریکای شمالی و آمریکای لاتین مورد استفاده قرار می‌گیرد. سـهم ایـن روش در اروپا صفر و در آسیا در حد بسیار جزئی است. از طرفی تولید مس در استرالیا صرفاً به روش‌های هیدرومتالورژی و کوره فلش است و کوره ریورب و کوره الکتریکی استفاده نمی‌شود. سهم مشخص شـده در اروپـا بـرای کـوره‌هـای ریورب و الکتریکی صرفاً مربوط به کوره الکتریکی است و هیچ کوره ریوربی در اروپا استفاده نمی‌شود[۳۴].

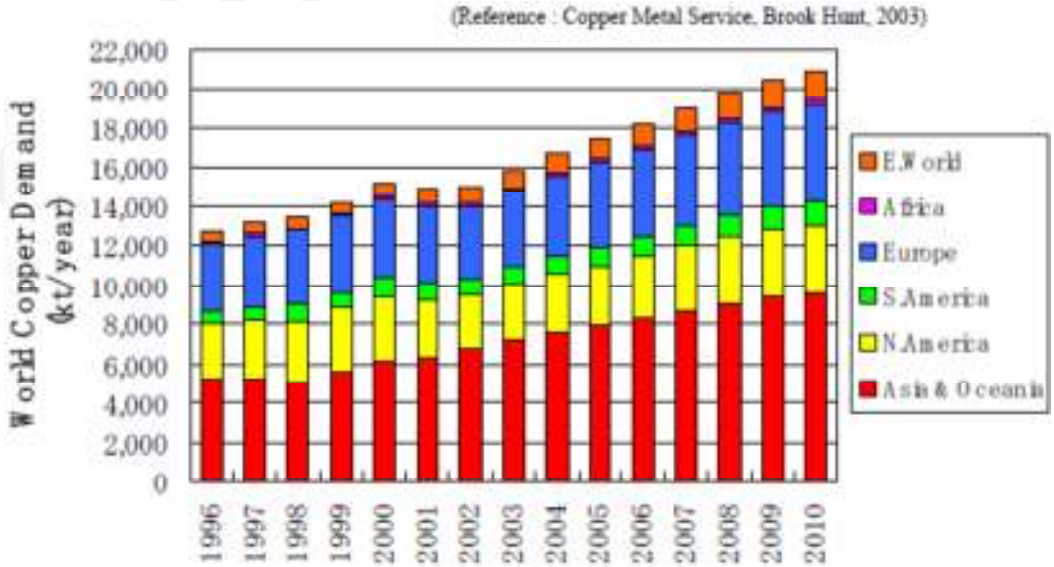


شکل۷-۳. سهم هر یک از تکنولوژی‌های مورد استفاده برای تولید مس در سطح دنیا[۳۴]

همان‌طور که در شکل۷-۴ نشان داده شده است تولید مس تا سال ۲۰۰۵ تا حدود ۱۷ میلیون تن در سال بوده است که حدود ۸۰ درصد آن از طریق روش پیرومتالورژی و مابقی از روش هیدرومتالورژی تولید شده است. شکل۷-۵ نیز میزان تقاضا برای مس در جهان تا سال ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد. کشورهای آسیایی-اقیانوسیه و اروپا و آمریکای شمالی به تر تیب پر مصرف‌ترین‌ها هستند در حالی که کشورهای آمریکای جنوبی و آفریقایی سهم کمتری دارند. بنابراین هرچند کشورهای آمریکای لاتین و آمریکای جنوبی تولید نزدیک به نیمی از مس دنیا را به خود اختصاص داده‌اند اما بیشتر آن را به کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه صادر می‌کنند.

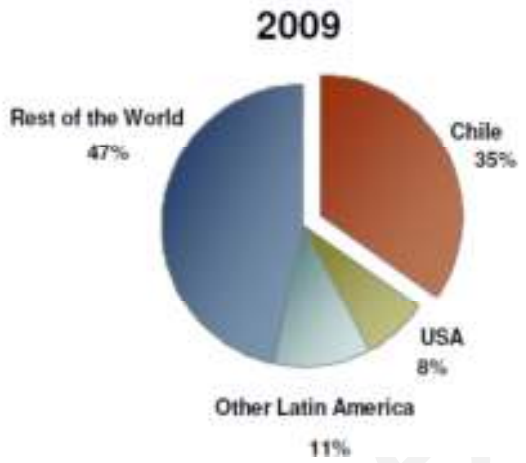


شکل۷-۴. میزان تولید مس در دنیا [۳۶]



شکل۷-۵. میزان تقاضای مس در مناطق مختلف دنیا[۳۶]

طبق آمار، بزرگترین تولیدکنندگان مس در دنیا کشورهای شیلی، آمریکا، پرو، چین و استرالیا هستند. همانطور که در شکل۷-۶ نیز نشان داده شده است ۳۵٪ تولید مس دنیا در سال ۲۰۰۹ در کشور شیلی است. سهم سایر کشورهای آمریکای لاتین ۱۱٪ و سهم آمریکا ۸٪ است [۳۷].



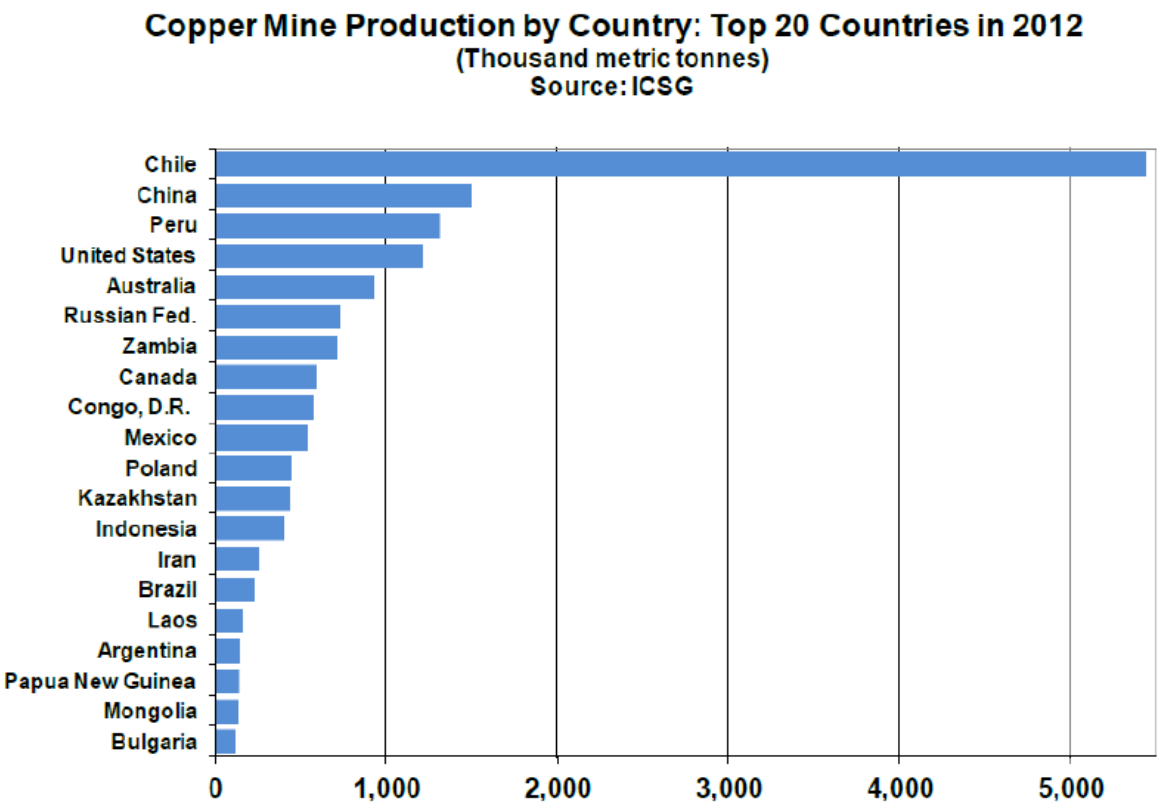
شکل۷-۶. سهم کشورهای مختلف دنیا در تولید مس [۳۷]

۷-۲. معرفی بزرگترین کشورهای تولید کننده مس دنیا

تقاضای مس در مقیاس جهانی به دلیل رشد صنایع الکترونیک، تولید ماشین آلات صنعتی و حمل و نقل، ساخت و ساز و ... مدام در حال افزایش است .فرآیند تولید مس از سنگ معدن، که به صورت اکسید یا سولفید مس است، آغاز می‌شود. عیار مس بطور متوسط در حدود چند دهم درصد تا دو درصد است، بنابراین سنگ معدنی پس از خردایش با فرآیند فلوتاسیون تغلیظ می شود تا کنسانتره مس با عیاری در حدود ۳۰ درصد بدست آید. سپس با استفاده از روشهایی این عیار افزایش می یابد .این روشها عمدتا به دو دسته پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی تقسیم بندی می شوند .در روشهای پیرومتالورژی پر عیار سازی با ذوب صورت می گیرد و در روشهای هیدرومتالورژی جدا سازی به کمک انحلال شیمیایی فلز در محلولهای خاص انجام می گیرد .محصول بدست آمده از این مرحله دارای عیاری در حدود ۹۵ تا ۹۹ درصد بوده و مس آند نامیده می شود .سپس برای رسیدن به عیار ۹۹,۹۹ درصد این محصول پالایش می شود .پالایش مس عمدتا به سه روش الکترولیزی، الکترو وینینگ و پالایش شعله ای صورت می گیرد .محصول این مرحله اصطلاحا مس کاتد نامیده می شود[۲۴]

در سال ۲۰۱۲ شیلی با تولید ۵,۴ میلیون تن بیش از یک سوم مس معدنی را تولید کرده است .ایران نیز با تولید ۲۳۰ هزار تن در جایگاه چهاردهم قرار دارد

در شکل۶-۴ تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان آمده است[۲۴].



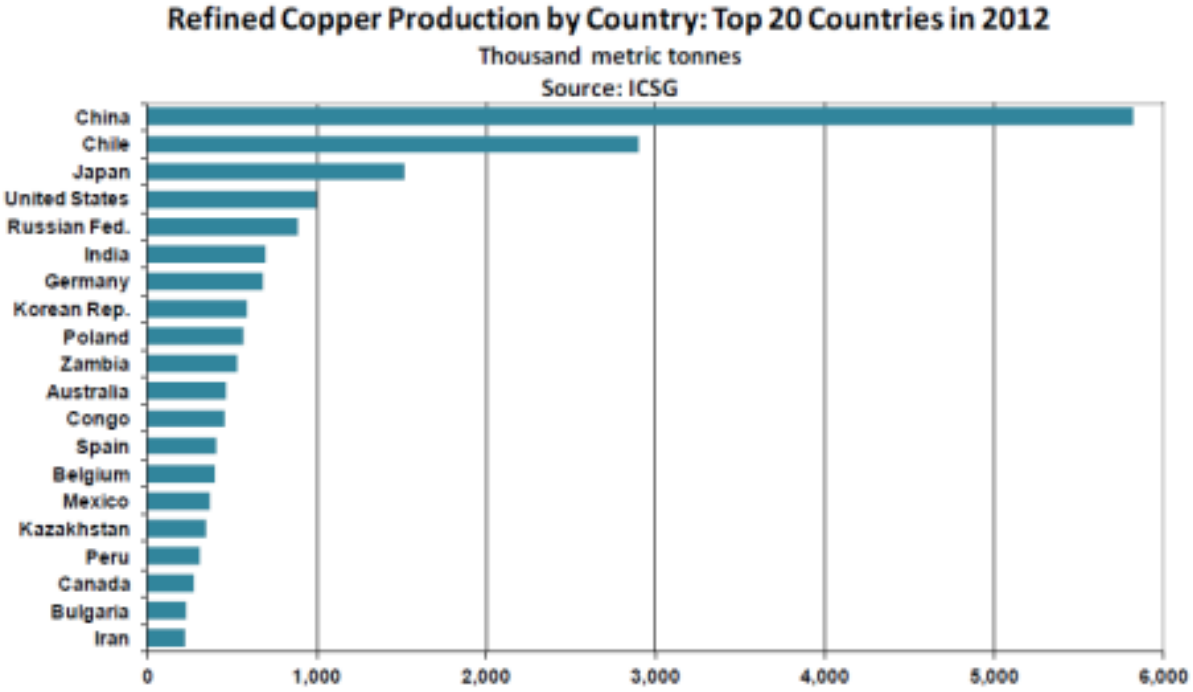
شکل۷-۷. تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان در سال ۲۰۱۲

از نظر تولید مس، شیلی بزرگ‌ترین سهم تولید را در اختیار دارد اما کشورهای متعدد دیگری از جمله پرو، چین، آمریکا و روسیه هستند که فعالیت‌های قابل توجهی دارند.

۷-۲-۱. میزان تولید مس تصفیه شده در جهان

تولید مس پالایشی در جهان در سال ۲۰۱۲ حدود ۲۰,۱ میلیون تن بوده است که از این مقدار ۱۶,۷ میلیون تن مس اولیه(تولید معدنی) بوده و ۳,۴ میلیون تن مس ثانویه(بازیافت قراضه) بوده است. در شکل۶-۶ تولید مس اولیه کشورهای مختلف جهان آمده است.

چین با تولید ۵,۸ میلیون تن بیشترین سهم را در تولید مس پالایشی دارد .لازم به ذکر است که مصرف ظاهری مس چین در همان سال ۸,۸ میلیون تن بوده است .ایران نیز با تولید ۲۳۰ هزارتن در جایگاه بیستم قرار دارد[۲۴].

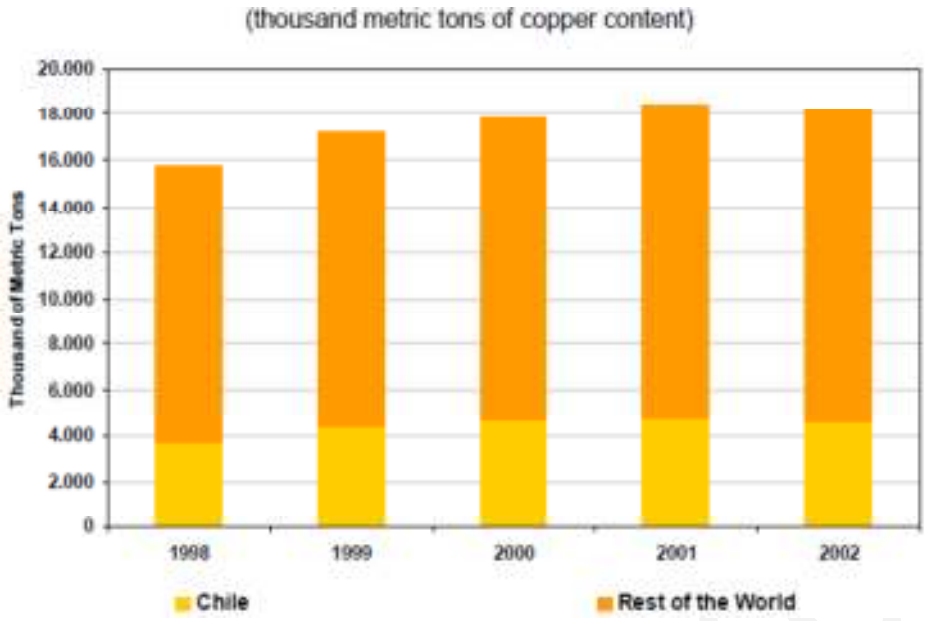


شکل۷-۸. تولید مس پالایشی در جهان در سال ۲۰۱۲

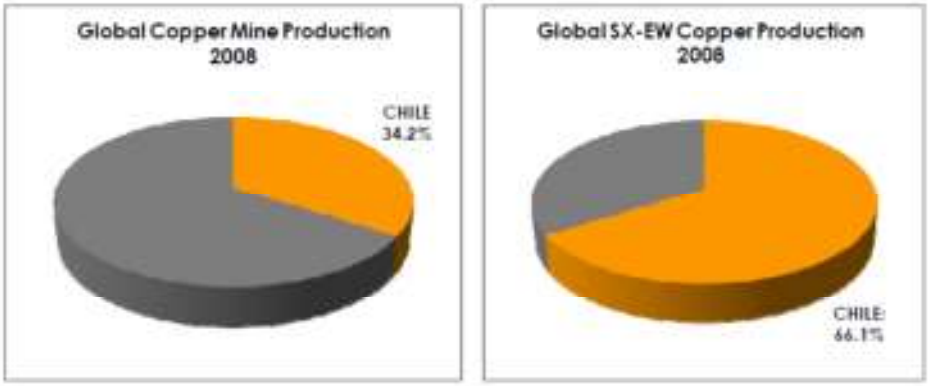
۷-۲-۲. صنعت مس در شیلی

شیلی با تولید پنج میلیون و ۷۰۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ نخستین کشور بوده است که در مقایسه با پنج میلیون و ۴۳۰ هزار تن در سال ۲۰۱۲ افزایش داشته است.

شیلی بزرگترین تولید کننده مس در دنیاست و حدود ۳۰ درصد از تولید مس دنیا در این کشور انجام می‌شود. شکل۷-۹ سهم کشور شیلی در تولید مس دنیا را در سالهای مختلف نشان می‌دهد. شکل۷-۱۰ نیز سهم این کشور در تولید مس به روش هیدرومتالورژیکی و پیرومتالورژیکی در سال ۲۰۰۸ را نشان می‌دهد.



شکل۷-۹. سهم کشور شیلی در تولید مس دنیا در سالهای مختلف[۳۸]

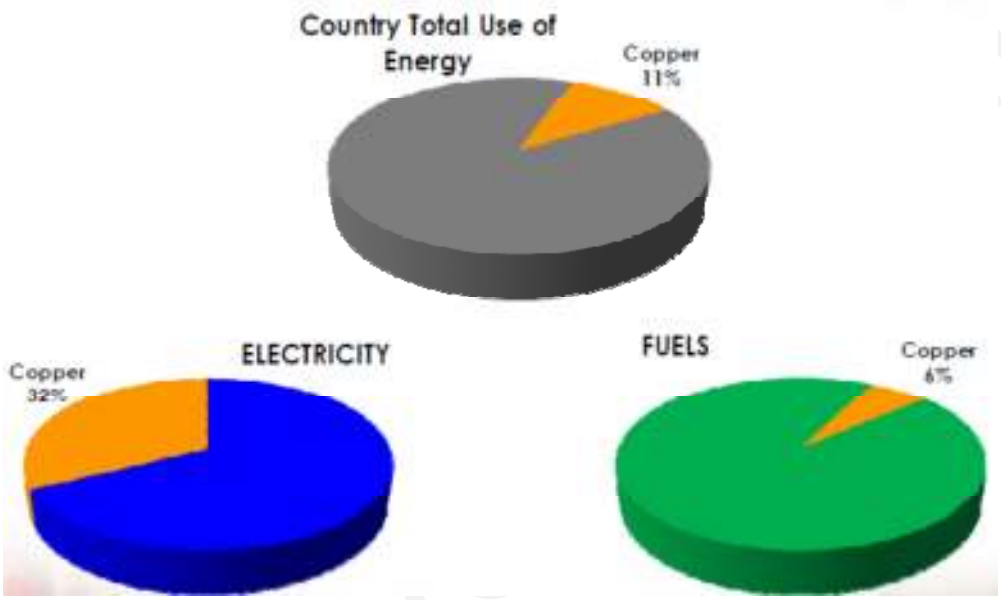


شکل۷-۱۰. سهم شیلی در تولید مس به روش هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی در سال ۲۰۰۸[۳۸]

شرکت ملی مس شیلی Codelco (Corporación Nacional del Cobre de Chile) که یک شرکت تولید کننده مس دولتی در شیلی است، بزرگترین تولید کننده مس در دنیا است که حدود ۱۰ درصد از تولید مس دنیا را به خود اختصاص داده است. مهمترین محصول تولیدی این شرکت کاتد است. علاوه بر کاتد، کنسانتره، مس بلیستر، آند و محصولات فرعی نظیر مولیبدن و اسید سولفوریک نیز از تولیدات این شرکت است. این شرکت دومین تولید کننده بزرگ مولیبدن است. از کارخانه‌های زیر مجموعه این شرکت می‌توان به Chuquicamata، Radomiro Tomić، Salvador، Andina، EI Teniente و Ventanas اشاره کرد. از این میان Chuquicamata و EI Teniente به ترتیب بزرگترین معادن روزمینی و زیرزمینی مس دنیا هستند[۳۹]. این کارخانه شامل یک کوره فلش، شش عدد کنورتور، کوره الکتریکی، شش کوره آند با سه چرخ ریخته‌گری می‌باشد. ظرفیت تولید سالیانه

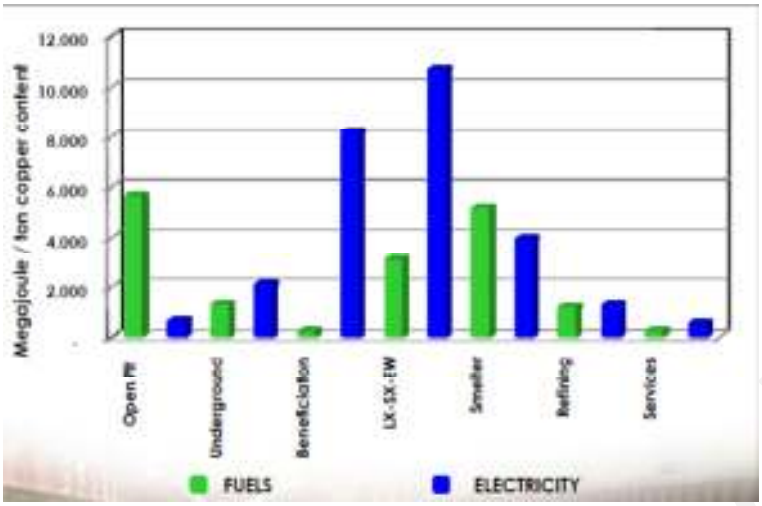
کارخانه Chuquicamata ۸۸۵۰۰۰ تن مس کاتدی است[۴۰].

صنعت مس در شیلی ۱۱ درصد از کل انرژی مصرفی در این کشور را به خود اختصاص داده است. ۳۲ درصد از کل انرژی برق مصرفی و ۶ درصد از کل سوخت فسیلی مصرفی در کشور در صنعت مس کشور مصرف می‌شود (شکل۷-۱۱) [۳۸]. این صنعت ۷۵٪ از کل انرژی مصرفی در بخش معدن شیلی را به خود اختصاص داده‌است[۴۱].

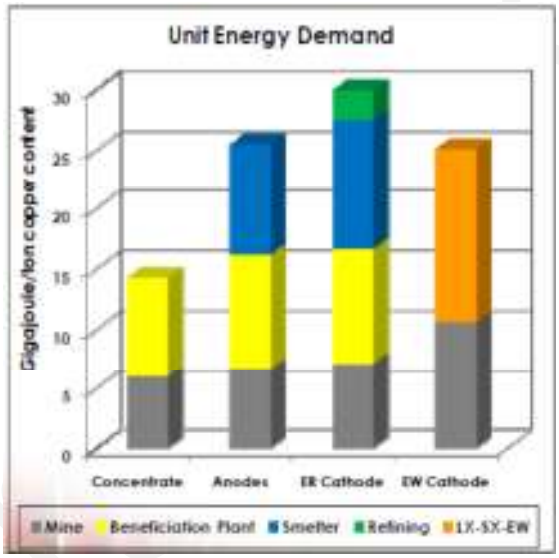


شکل۷-۱۱. سهم صنعت مس شیلی از کل انرژی مصرفی در این کشور[۳۸]

شکل۷-۱۱ نتایج پژوهش‌های انجام شده توسط کمیته مس شیلی در مورد مصرف انرژی در صنایع مس این کشور در دوره زمانی سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل۷-۱۲ نشان داده شده است در روش استخراج روباز عمده مصرف انرژی در بخش معدن به صورت فسیلی می‌باشد که عمدتاً مربوط به تأمین انرژی برای نقل و انتقال سنگ می‌باشد. در روش استخراج زیرزمینی سهم انرژی الکتریکی افزایش یافته است و حتی از مصرف سوخت فسیلی نیز بیشتر شده است. در بخش تغلیظ مصرف انرژی عمدتاً به صورت الکتریکی بوده و این مقدار به بیش از ۹۵٪ انرژی مصرفی در این بخش می‌رسد. در استخراج به روش هیدرومتالورژی بخش عمده تأمین انرژی، از طریق انرژی الکتریکی انجام می‌شود و میزان تأمین انرژی از طریق سوخت فسیلی $\frac{۱}{۳}$ انرژی الکتریکی است. در مرحله ذوب و پالایش سهم انرژی الکتریکی و انرژی فسیلی تقریباً برابراست[۳۸]. همانطور که در شکل نشان داده شده است بخش تغلیظ و ذوب پر مصرف‌ترین بخش‌ها از نظر مصرف انرژی می‌باشند و میزان انرژی مصرفی در روش SX-EW کمتر از روش پیرومتالورژی است.



شکل۷-۱۲. مقایسه سهم انرژی الکتریکی و فسیلی در تأمین انرژی مراحل مختلف فرآیند تولید مس در شیلی[۳۸]



شکل۷-۱۳. سهم کل انرژی مصرفی در مراحل مختلف تولید[۳۸]

۷-۲-۳. صنعت مس در ژاپن

با اینکه کشور ژاپن از لحاظ ذخائر مس در زمره کشورهای مهم دنیا نیست اما در زمینه ذوب مس با ظرفیت ۱۶۲۸۰۰۰ تن در سال و پالایش با ظرفیت تولید ۲۸۱۱۰۰۰ تن کاتد در سال به ترتیب رتبه دوم و سوم جهان را به خود اختصاص داده است[۳۵].

در دهه ۱۹۵۰ میلادی تولید و مصرف مس در کشور ژاپن در حد ۲۰۰،۰۰۰ تن یا کمتر بود که این مقدار از روشهای کوره‌های ریورب و الکتریکی با ظرفیت‌های کم تولید می‌شد. در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ در پی افزایش تقاضا، واحدهای ذوب مس ظرفیت خود را افزایش دادند. در سال ۱۹۶۵ واحد ذوب و پالایش onahama در نواحی ساحلی ژاپن راه‌اندازی شد. این واحد با دو کوره ریورب و ظرفیت سالانه ۷۲،۰۰۰ تن مس، در زمان خود

بزرگترین کوره‌های ریورب دنیا را در اختیار داشت. پس از آن در فاصله زمانی سال ۱۹۶۷ تا ۱۹۷۳ مجتمع‌های ذوب و پالایش با تکنولوژی اتوکمپو راه‌اندازی شد. پس از آن در سال ۷۳ تکنولوژی کوره پیوسته میتسوبیشی شروع به کار کرد. جدول۷-۶ واحدهای ذوب مس فعال در ژاپن را نشان می‌دهد[۳۶]. جدول۷-۷ نیز مقایسه وضعیت تولید مس در ژاپن و سایر کشورهای تولید کننده مس را نشان می‌دهد.

جدول۷-۶. کوره‌های ذوب مس در ژاپن[۳۶]

COMPANY NAME	Sumitomo Metal Mining Co. Ltd	Nippon Mining and Metals Co. Ltd	Onahama Smelting and Refining Co. Ltd	Hibi Kyodo Smelting Co. Ltd	Dowa Mining Co. Ltd	Mitsubishi Materials Corp.
PLANT NAME	Toyo	Saganoseki	Onahama	Tamano Smelter	Kosaka	Naoshima
Annual Production	260,000	472,650	221,000	283,660	65,000	222,000
Type of Smelting Furnace	Flash	Flash	reverberatory	Flash with electrodes	Flash	MMC Continuous
Number of units	1	1	2	1	1	1

جدول۷-۷. مقایسه وضعیت تولید مس در ژاپن و سایر کشورهای تولید کننده مس [۳۶]

	Japan	Chile	W.Europe	China	India	Average
Operating ratio (%)	92	90	93	86	92	83
Cu recovery (%)	98	97	98	97	97	97
SO2 recovery (%)	99	89	99	83	83	84
Productivity (tonne/100 personnel)	97	32	89	15	16	20
Labor cost, unit (US$/h)	31.9	10.6	20.7	1.5	0.8	13.1
Electricity price (¢ /kWh)	6.1	3.2	3.7	4.3	6.7	3.9
Production rate of the world (%)	13	13	9	8	3	100

در سال ۱۹۹۶ شرکت Nippon Keidanren، یکی از سه سازمان بزرگ اقتصادی ژاپن، تحقیقی را جهت کاهش مصرف انرژی در صنایع ذوب فلزات غیرآهنی در کشور ژاپن انجام داده است. نتیجه این پژوهش کاهش مصرف انرژی به ازاء هر تن مس تولیدی از ۲۷ گیگاژول در سال ۹۰ به ۲۲ گیگاژول در سال ۲۰۰۵ است. شرکت مذکور به منظور کاهش مصرف انرژی دو رویه را پیشنهاد کرد، یکی مربوط به ذخیره انرژی با استفاده از موتورهای راندمان بالا، افزایش راندمان پمپ‌ها و دمنده‌ها و تعمیر و تنظیم مشعل‌ها و دیگری استفاده از انرژی‌هایی که به هدر می‌رود نظیر استفاده از بویلر به جای خنک‌کننده SO_3، استفاده از مازوت و تایر به عنوان سوخت استفاده از بخارهای خروجی[۳۶].

کارخانه ذوب توبو ژاپن از سال ۱۹۷۱ با ظرفیت ذوب ۸۵۰ تن در روز کنسانتره آغاز به کار کرد. ظرفیت فعلی کارخانه ۲۷۰۰ تن در روز کنسانتره مس است که طبق برنامه به ۳۹۵۰ تن در روز خواهد رسید. ظرفیت واحد پالایشگاه ۴۵۰ تن در سال است. تکنولوژی ذوب کارخانه از نوع کوره فلش است که مجهز به ۴ مشعل می‌باشد [۳۶]

جدول۷-۸ تغییرات بالانس حرارتی کوره فلاش توپو از سال ۸۵ تا ۲۰۰۳ را نشان می‌دهد. همان‌طور که نشان داده شده است میزان حرارت تأمینی از طریق سوخت فسیلی ۴۳٪ کاهش یافته است یا به عبارت دیگر میزان مصرف سوخت فسیلی به ازاء هر تن کنسانتره ۲۱/۵٪ کاهش یافته است[۳۶].

جدول۷-۸. تغییرات بالانس حرارتی کوره فلاش توپو از سال ۸۵ تا ۲۰۰۳[۳۶]

	Year 1985		2003		2007(plan)	
OPERATING CONDITION						
concentrate charge (ton/hour)	44.5		90		164.6	
dust generation ratio(%)	11.8		5.1		4.0	
O_2 enrichment in Reaction Air	32.1		49.5		72.1	
matte grade	56.0		63.5		65.0	
HEAT INPUT and PRODUCTION (GJ/hour)	(GJ/hour)	(%)				
heat of matte and SO_2 production	80.0	51	172.9	84	382.5	99
heat for decomposition of dust	-24.1	-15	-22.0	-11	-32.8	-9
sensible heat of ore	2.5	2	5.1	2	10.1	3
sensible heat of reaction air	17.1	11	15.0	7	8.7	2
oil and pulverized coal	81.1	52	35.3	17	17.1	4
heat input total	156.7	100	206.4	100	385.5	100
HEAT OUTPUT(GJ/hour)						
sensible heat of matte and slag	45.9	29	103.2	50	209.5	54
sensible heat of gas	73.1	47	65.4	32	117.4	30
sensible heat of dust	7.5	5	7.4	4	15.9	4
heat losses	24.7	16	25.0	12	33.1	9
others	5.5	3	5.3	3	9.7	3
heat output total	156.7	100	206.4	100	385.6	100

شکل۷-۱۴ درصد تغییرات شاخص مصرف انرژی به ازاء هر تن کنسانتره را در کارخانه ذوب TOYO ژاپن نسبت به شاخص مصرف انرژی در سال ۱۹۸۵ نشان می‌دهد. همانگونه که از شکل مشخص است، شاخص مصرف انرژی کارخانه مذکور در دو دهه اخیر ۴۰٪ کاهش یافته است. این موضوع پتانسیل بالای صرفه جویی انرژی در یک کارخانه ذوب را به طور نمونه نشان می‌دهد. لازم به ذکر است، منظور از انرژی مصرفی در کارخانه ذوب Toyo ژاپن، کل انرژی مصرفی شامل واحد ذوب و پالایشگاه می‌باشد[۳۶].

شکل۷-۱۴. نرخ مصرف انرژی در کارخانه Toyo [۳۶]

از آنجایی که کنسانتره مس تا حدود ۸٪ رطوبت دارد، در زمان خشک کردن واکنش آب زدایی نیز انجام می‌شود. برای خشک کردن کنسانتره با استفاده از خشک‌کن، فقط از سوخت فسیلی استفاده نمی‌شود بلکه از خشک‌کن‌های بخاری نیز استفاده می‌شود، بدین ترتیب از گرمای بخار جمع‌آوری شده نیز استفاده می‌شود که به صرفه‌جویی در انرژی کمک می‌کند [۴۲].

۷-۲-۴. صنعت مس در چین

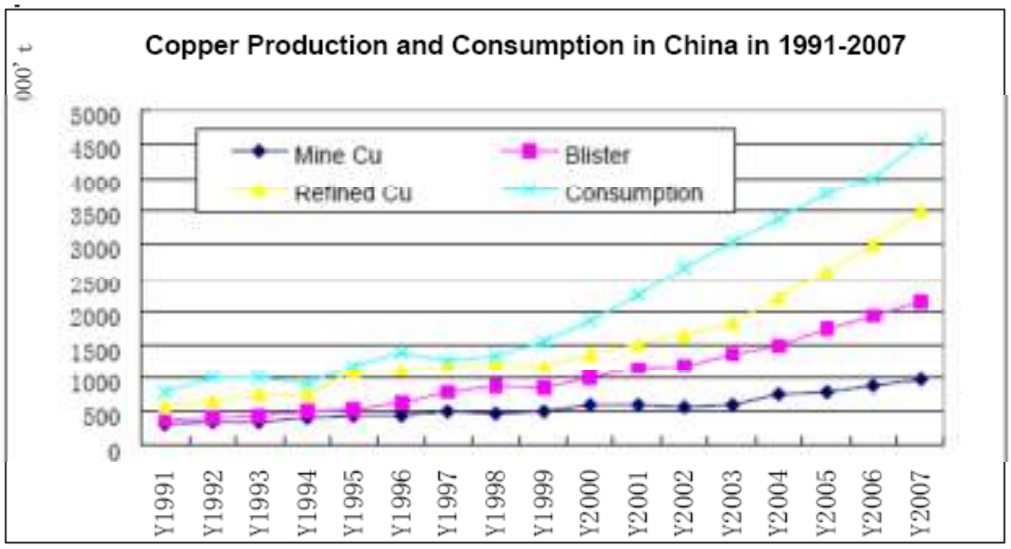
تولید معدن: یک میلیون و ۶۵۰ هزار تن

چین در رتبه دوم تولید قرار دارد اما میزان تولیدش کمتر از نصف تولید شیلی است. این کشور یک میلیون و ۶۵۰ هزار تن مس در سال ۲۰۱۳ تولید کرده است که در مقایسه با یک میلیون و ۶۳۰ هزار تن در سال ۲۰۱۲ افزایش نشان داده است.

چین که بزرگ‌ترین مصرف کننده مس در جهان است در نوامبر سال ۲۰۱۳ در میزان تولید رکورد زده است.

کشور چین از لحاظ ذخائر مس با ظرفیت ۸۸۹۰۰۰ تن در سال در رتبه چهارم و از نظر ذوب و پالایش مس به ترتیب با ظرفیت‌های ۲۵۱۷۰۰۰ و ۳۰۰۳۰۰۰ تن در سال در رتبه اول دنیا قرار دارد[۳۵].

شکل۷-۱۵ میزان مصرف مس در چین و ظرفیت تولید این کشور در بخش‌های مختلف معدن، ذوب و پالایش از ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۷ را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود ظرفیت تولید در بخش پالایشگاه بیشترین مقدار و در بخش معدن کمترین مقدار است.



شکل۷-۱۵. میزان مصرف و ظرفیت تولید مس در کشور چین در بخش‌های مختلف معدن، ذوب و پالایش [۴۳]

معادن اصلی موجود در کشور چین به شرح زیر است[۴۳]:

Jiangxi Copper
Yunnan Copper
Tongling Nonferrous
Jinchuan
Ashele Copper
Zhongtiaoshan
Daye Nonferrous

شرکت JCC (Jiangxi Copper Corp) با ظرفیت تولید سالیانه ۹۰۰۰۰۰ تن کاتد بزرگترین تولید کننده مس در چین و سومین تولید کننده کاتد در دنیا است. این شرکت در سال ۱۹۷۹ شروع به کار کرد. در حال حاضر ۶ معدن و ۳ واحد ذوب در این مجموعه فعالیت می‌کنند. طلا، نقره، سلنیم، تلوریوم و رنیوم از جمله جمله فلزات با ارزش تولید این شرکت هستند[۴۴].

۷-۲-۵. صنعت مس در آمریکا

آمریکا سومین تولید کننده بزرگ مس بعد از پرو و شیلی است. تولید این کشور در سال ۲۰۰۷ ۱/۹ میلیون تن مس بوده است. همانطور که در شکل۷-۶ نیز نشان داده شده است حدود ۸٪ تولید مس دنیا در سال ۲۰۰۹ در این کشور بوده است. واحدهای با ظرفیت بیش از ۱۰۰۰۰۰ تن در سال مس در جدول۷-۹ آورد شده است. Bingham Canyon یکی از بزرگترین معادن مس دنیا است که ظرفیت آن ۳۰۰۰۰۰ تن در سال کاتد مسی

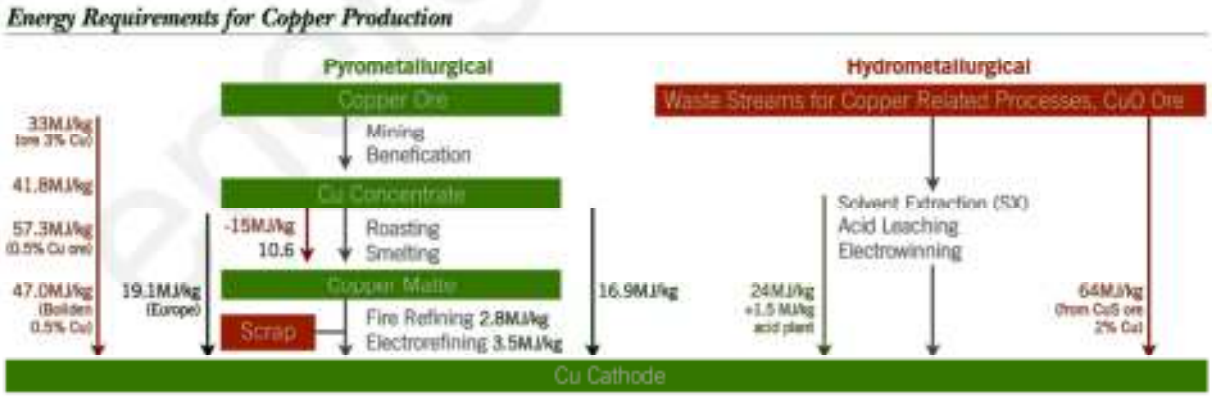
است. تکنولوژی تولید این شرکت کوره فلش و کنورتور است. این شرکت یکی از زیر مجموعه‌های گروه RioTinto است.

جدول۷-۹. تولید کنندگان مس در آمریکا[۴۵]

نام معدن	ایالت	Source of copper	ظرفیت (thousands of metric tons)
Morenci	Arizona	Copper ore, leached	390
Bingham Canyon	Utah	Copper-molybdenum ore, concentrated	300
Ray	Arizona	Copper ore, concentrated and leached	170
Bagdad	Arizona	Copper-molybdenum ore, concentrated and leached	100
El Chino	New Mexico	Copper-molybdenum ore, concentrated and leached	125
Sierrita	Arizona	Copper-molybdenum ore, concentrated and leached	100

۷-۳. مصرف ویژه انرژی در صنایع مس دنیا

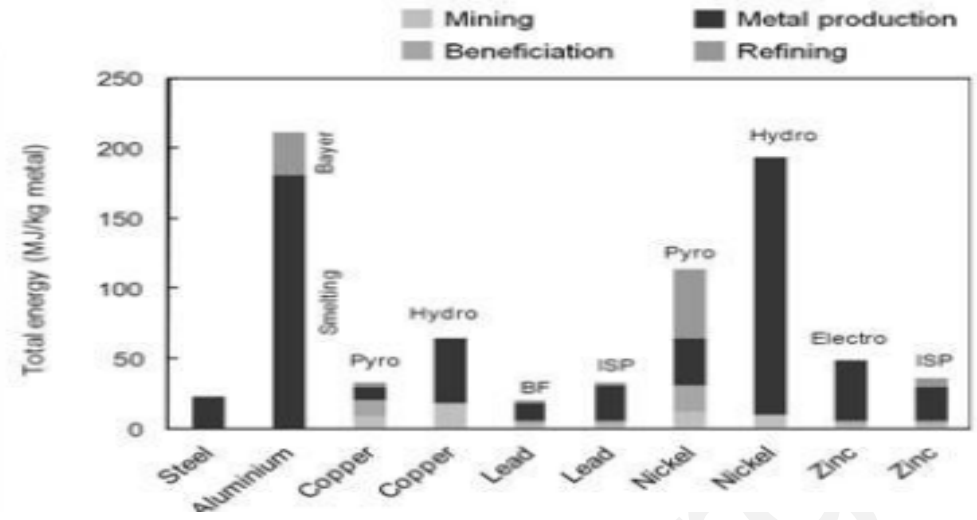
آمار تولید مس در آمریکا در سال ۲۰۰۷ حدود 15.6 میلیون تن بوده است، که حدود ۱۹ تا ۴۵٪ از این تولید مربوط به تولید مس با استفاده از قراضه[۱۴] می‌باشد. براساس مطالعات صورت گرفته انرژی مصرفی جهت تولید مس با استفاده از قراضه حدود ۳۵ تا ۸۵٪ کمتر از انرژی موردنیاز جهت تولید مس از کنسانتره [۱۵] و بدون استفاده از قراضه می‌باشد. استفاده از قراضه در این صنعت موجب صرفه‌جویی حدود 7.3 مگاژول به ازای هر کیلوگرم مس می‌شود[۴۶]. در شکل۷-۱۶ انرژی موردنیاز بخشهای مختلف فرآیند تولید مس نشان داده شده است[۴۶].



شکل۷-۱۶. انرژی موردنیاز بخشهای مختلف فرآیند تولید مس

14. *Secondary Production*
15. *Primary Production*

در تحقیقی که در فرآیند علوم و مهندسی استرلیا انجام گرفته است صورت گرفته است میـزان انـرژی بـرای تولید فلزات از سنگ معدن به صورت شکل۷-۱۷ می باشد[۶۴].



شکل۷-۱۷. میزان متوسط انرژی لازم(MJ/kg)برای تولید فلزات در سال های ۲۰۰۰ ، ۲۰۰۱ ، ۲۰۰۲

در همین تحقیق مشخص شده است که میزان ۸۰٪ از مس تولید شـده در جهـان از طریـق پیرومتـالورژی و ۲۰٪ از طریق هیدرومتالورژی بدست می آید. البته میزان انرژی لازم برای تولید فلزات از سنگ معدن بسـتگی بـه میزان غلظت اولیه فلز در سنگ معد دارد هرچه میزان غلظت کم باشد میزان مصرف انرژی برای تولید فلز بیشـتر می شود به طور مثال اگر غلظت مس در سنگ معدن در حدود ۰٫۵٪ باشد میزان انـرژی تولیـد بـه ۱۲۵(GJ/T) می رسد.

که بخش عمدهای از این انرژی برای خرد کـردن و آسـیاب کـردن سـنگ معـدن بـه کـار مـی رود. کـه در جدول۷-۱۰ میزان انرژی برای تولید فلزات و میزان تولید CO2 را نشان می دهد کـه البتـه در ایـن حالـت بـرای غلظت سنگ معدن ۳٪ میزان انرژی مصرفی در فرایند پیرومتـالورژی حـدود (GJ/t) ۳۳و بـرای سـنگ معـدن بـا غلظت ۲٪ میزان انرژی مصرفی در فرایند هیدرومتالورژی برابر (GJ/t) ۶۴٫۵ است. [۶۴].

جدول۷-۱۰. میزان تولید جهانی CO2 بر اثر تولید فلزات جهانی

Metal		% of total global metal production	Global annual production (Mt)	Embodied Energy (GJ per tonne)	Tonnes CO_2 per tonne metal	Global annual energy consumption (GJ)	Global annual CO_2 (tonnes)	% Global greenhouse gas production*
Copper	pyro	80	15.6	33.0	3.25	6.13×10^{8}	6.0×10^{7}	0.21
	hydro	20		64.5	6.16			
Nickel	pyro	60	1.66	113.5	11.45	2.42×10^{8}	2.2×10^{7}	0.08
	hydro	40		193.8	16.08			
Lead	BF	89	3.55	19.6	2.07	7.5×10^{7}	7.8×10^{6}	0.03
	ISP	11		32.5	3.18			
Zinc	electrolytic	90	10.5	48.4	4.61	4.95×10^{8}	4.7×10^{7}	0.16
	ISP	10		35.8	3.34			
Aluminium		100	38	211.5	21.81	8.0×10^{9}	8.3×10^{8}	2.9
Steel	BF/BOF	70	924	22.7	2.19	2.1×10^{10}	2.0×10^{9}	7.0
Cement			2 600	5.6	~0.9	1.46×10^{10}	2.3×10^{9}	8.1

*Global annual production of CO_2 from fossil fuel sources = 28 962 Mt (IEA, 2009)

۷-۳-۱. میزان مصرف انرژی در هر واحد صنعتی تولید مس در جهان

در جدول۷-۱۱ میزان مصرف انرژی در هر واحد صنعتی تولید مس در جهان آورده شده است[۶۵].[۲۱]

energyenergy.ir

جدول۷-۱۱. میزان تولید مس در جهان

▶ ***Global Primary Copper Production, 2004***

	Production	Share	Cumulative Production Share
	Mt/yr	%	%
Chile	1.52	14.1	14.1
China	1.32	12.3	26.4
Japan	1.22	11.3	37.7
Russia	0.66	6.1	43.8
Poland	0.55	5.1	48.9
United States	0.54	5.0	53.9
Canada	0.45	4.1	58.1
Kazakhstan	0.44	4.1	62.2
Australia	0.44	4.1	66.3
Korea	0.38	3.5	69.8
Peru	0.32	3.0	72.8
Mexico	0.30	2.8	75.6
Zambia	0.28	2.6	78.2
Germany	0.28	2.6	80.7
Bulgaria	0.23	2.1	82.9
Spain	0.22	2.1	84.9
Philippines	0.22	2.0	86.9
Indonesia	0.21	2.0	88.9
Brazil	0.21	1.9	90.8
Other	0.99	9.1	100.0
Total	10.78	100.0	

Source: US Geological Survey, 2006b.

در تحقیق صورت گرفته توسط محققان شهرک علمی تحقیقاتی انرژی بروک‌هاون[۱۶] با مشارکت دپارتمان انرژی آمریکا[۱۷] مصرف ویژه انرژی تولید مس از کانی حدود ۲۵ الی ۳۰ گیگاژول به ازای هر تن مس تولید شده با روش پیرومتالورژی می‌باشد که این میزان از انرژی مصرفی جهت تولید یک تن مس با روش هیدرومتالورژی کمتر می‌باشد. که سهم مصرف ویژه تولید مس برای هر یک از بخشهای مختلف فرآیندی به حدود ۲۰ درصد برای معدن سرباز، ۵۰ درصد به تغلیظ، ۱۷درصد ذوب و حدود ۱۳ درصد به پالایش تعلق می‌گیرد.[۴۷].

برنامه دهمین طرح پنج ساله بهبود راندمان انرژی در سال ۲۰۰۱ ارائه شده توسط سازمان بهینه‌سازی

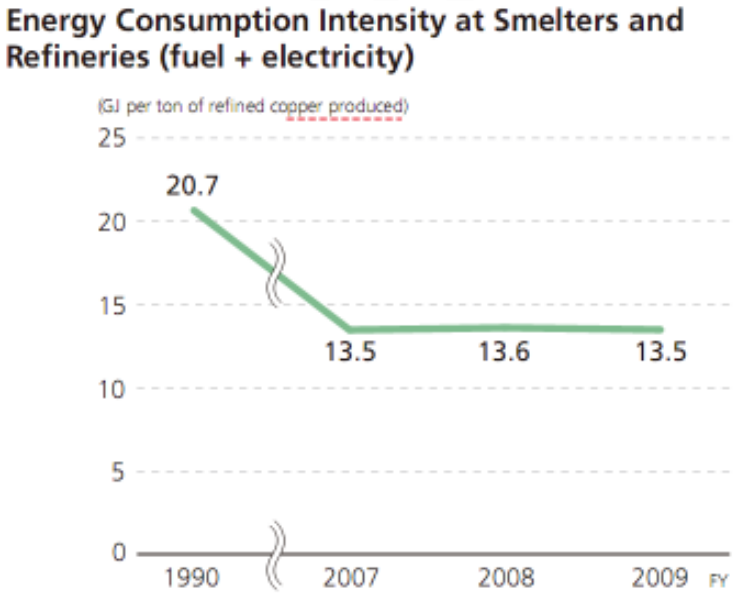
16. *Brookhaven Energy Science and Technology Department*
17. *United States Department of Energy*

مصرف انرژی چین با هدف مستندسازی مصرف انرژی، صرفه جویی انرژی و بهبود راندمان انرژی و تولید با اهداف اقتصادی در برخی صنایع کشور چین در جدول۷-۱۲ ارائه شده است[۴۸].

جدول۷-۱۲. دهمین طرح پیشنهادی پنج ساله بهبود راندمان انرژی سازمان بهینه‌سازی مصرف انرژی چین در سال ۲۰۰۱

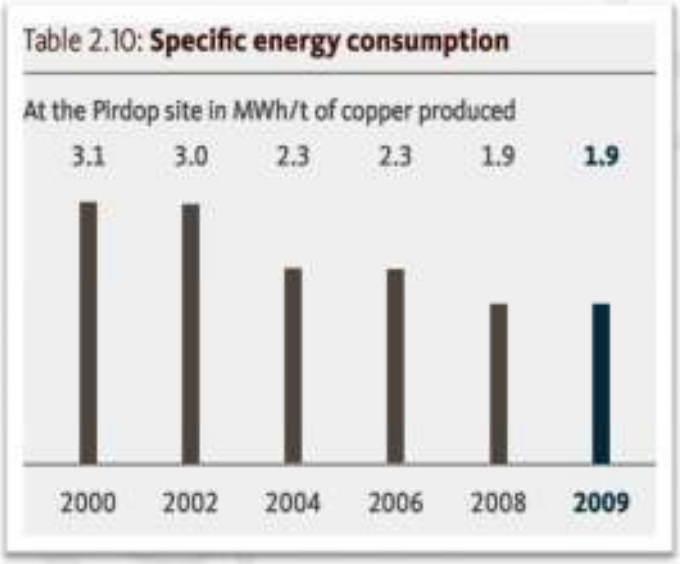
Energy-Intensive Industrial Sector	Specific Energy Intensity Unit	۱۹۹۵	۲۰۰۰	۲۰۰۵	Annual% Decline 1995-2000	Annual5 Decline 2000-2005
Iron and Steel	GJ/ton	۳۳,۳	۳۱,۷	۳۰,۹	-۱٪	-۰,۵٪
Copper	GJ/ton	۴۰,۴	۳۷,۵	۳۴,۶	-۱,۵٪	-۱,۶٪
Aluminum	kWh/t	۱۴۷۳۶	۱۴۱۰۰	۱۳۸۰۰	-۰,۹٪	-۰,۴٪
Synthetic	GJ/ton	۴۳,۳	۴۰,۶	۳۷,۵	-۱,۳٪	-۱,۶٪
Cement Clinker	GJ/ton	۶۰	۵,۵	۵,۳	-۱,۸٪	-۰,۶٪
Synthetic Fabrics	kWh/t	۱۹۵۵	۱۵۰۰	۱۳۵۰	-۵,۲٪	-۲,۱٪
Oil Refining	GJ/ton	۰,۵	۰,۵	۰,۴	-۰,۷٪	-۰,۸٪

در نمودار شکل۷-۱۸ روند تغییرات شدت مصرف انرژی دو بخش ذوب و پالایش از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ برای تهیه مس نمایش داده شده است[۴۹].



شکل۷-۱۸. روند تغییرات شدت مصرف انرژی دو بخش ذوب و پالایش از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ برای تهیه مس

در گزارش زیست محیطی ارائه شده توسط گروه حفاظت از محیط زیست دربخش تولید مس از کانی در برد سازمان ملل[۱۸]، در راستای اصول، موفقیتها و اهداف اروپا در سال ۲۰۱۰ براساس استاندارد DIN9001-2000 ، طی تحقیقات انجام گرفته در یازده محل از اروپا از جمله هامبورگ، لونن[۱۹] ، پریدوپ[۲۰] و ...، آمار مصارف سوخت و میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از مصارف سوخت به ازای مس تولیدی در هر یک از این چهارده محل ارائه شده است. به طور نمونه مجتع مس پریدوب در اروبیس بلغارستان[۲۱] دارای فرآیند تولید کاتد از کنسانتره مس با روش الکتروریفاینیگ می‌باشد. عمده هزینه‌های مصارف انرژی مجتع مس پریدوب مربوط به انرژی الکتریکی می‌باشد. تلاشهای صورت گرفته در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی موجب کاهش تقریبی چهل درصدی مصرف ویژه انرژی این واحد تولید مس در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۲۰۰۰ شده است (شکل۷-۱۹)[۵۰].



شکل۷-۱۹. بررسی روند تغییرات مصرف ویژه انرژی مجتمع مس پریدوب طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹

مجمع پیشگیری و کنترل آلودگی اروپا، حدود ۳۰ صنعت مختلف را با هدف بررسی میزان خطرات زیست محیطی، مورد مطالعه قرار داده است و برای هر صنعت یک مرجع جامعی با نام BAT[۲۲] منتشر کرده است. منظور از BAT صنایعی با بیشترین سیستم حفاظت از محیط زیست تحت شرایط اقتصادی و تکنولوژیکی قابل دوام می‌باشد. مراجع مربوط به اطلاعات مبادله شده جهت تعیین BAT با عنوان BREFs[۲۳] نامیده می‌شوند.

محدوده تعریف شده برای فرآیند تولید مس از کنسانتره تا کاتد توسط BREFs بین ۱۴ تا ۲۰ گیگاژول بر

18. *Executive Board Business Unit Primery Copper Grup Environmental Protection*
19. *Lunen*
20. *Pridop*
21. *Aurubis Bulgaria*
22. *Best Available Techniques*
23. *BAT Reference Documents*

تن می‌باشد. براساس مطالعات IEA[۲۴]، شدت مصرف انرژی کلی فرآیند پیوسته تولید مس از کانی را ۴۲ گیگـاژول بر تن داده است. اگرچه در مطالعه انجام گرفته برای سازمان ملل، عدد بسـیار بـالاتری را (۱۳۰گیگـاژول بـر تـن) ارائه داده است. مصرف ویژه انرژی واحدهای فرآیندی تولید مس از کانی (معدن و پالایش مس) ارائه شده توسـط IEA در سال ۲۰۰۷ در جدول۷-۱۳ آمده است[۵۱].

جدول۷-۱۳. مصرف ویژه انرژی واحدهای فرآیندی تولید مس از کانی (معدن و پالایش مس) ارائه شده توسط IEA در سال ۲۰۰۷

Primary copper production	Fuel (GJ/t_{Cu})	Electricity (GJ/t_{Cu})	Energy intensity (GJ/t_{Cu})	CO_2 intensity (3) (t_{CO2}/t_{Cu})	Energy cost (3) (€/t_{Cu})	Prices (€/t_{Cu})	Cost for CO_2 -allowance (5)		
							Euro (€/t_{Cu})	Percentage of energy cost (%)	Percentage of product price (%)
Mining	6.1	n.a.	6.1	0.4	50	n.a.	8	n.a.	n.a.
Refining (2)	14.4	21.6	36.0	3.5	423	4075 (4) (01/2007)	70	16.5	1.7
"integrated" Primary Copper Production (5)	20.5	21.6	42.1	3.9	473	4075 (4) (01/2007)	78	16.5	1.9

Source: Energy consumption for primary copper production (IEA (2007)).

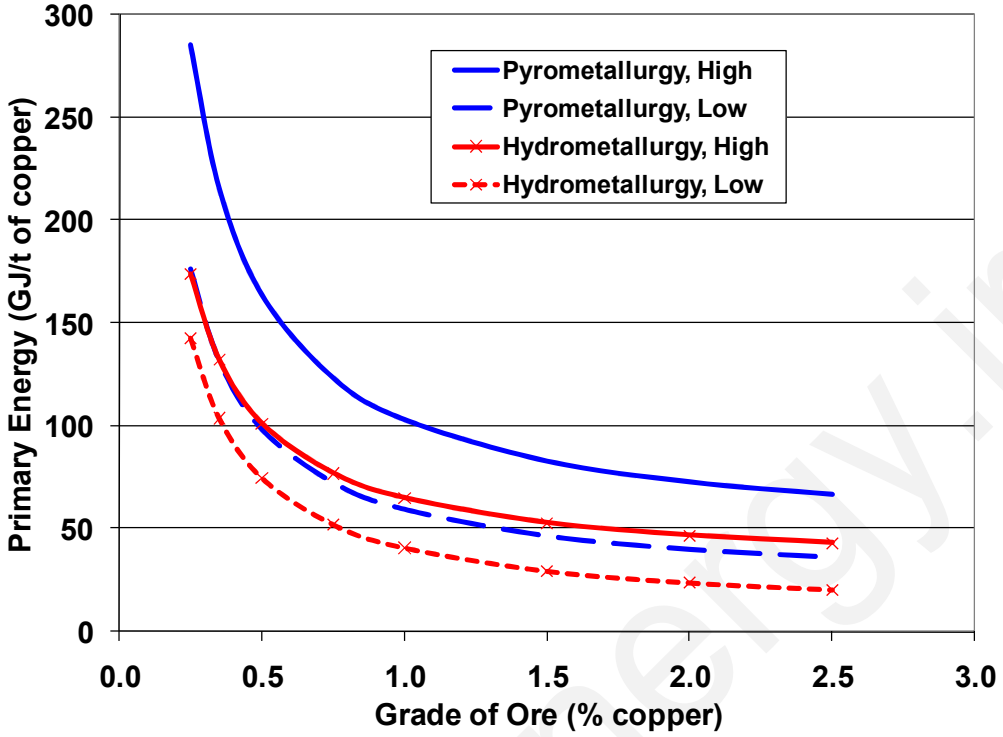
(1) Mining refers to energy uses in the open pit and underground.
(2) Refining refers to the processes from concentrating, over smelting and electro-refining to the final product "copper cathode" (99.99% Cu).
(3) Assuming energy cost and CO_2-emission-factors for the consumed *fuel* correspond to the arithmetic average of gas oil and natural gas.
(4) Copper traded in January 2007 with $5500 per tonne, assuming an exchange rate of €1 = $1.35 results in €4075 per tonne.
(5) The "integrated" primary copper production accounts for the sum of the Mining and Refining process.

یکی از فاکتورهای مؤثر در میزان مصرف ویژه انرژی در تولید مس عیار ماده اولیه مـورد اسـتفاده در فرآینـد تولید مس می‌باشد. برای تولید یک تن مس با قراضه گرید ۱ حدود ۴ گیگاژول انرژی لازم است. این میزان انرژی برای تولید یک تن مس با قراضه‌هایی با گرید ۲ (عیار بیش از ۹۴درصد) و گرید ۳ به ۲۰ گیگاژول و ۵۰ گیگاژول نیز می‌رسد. درمقایسه با تولید یک تن مس از کانی با عیار۱درصد حدود ۸۰ تا ۹۰ گیگاژول و برای کانی با عیـار 0.3درصد ۱۸۰ گیگاژول انرژی نیاز است[۵۲].

در نمودار شکل۷-۲۰ پیش‌بینی روند تغییرات مصرف ویژه انرژی تولید کلاف لوله‌های مسی[۲۵] از سنگ معدن

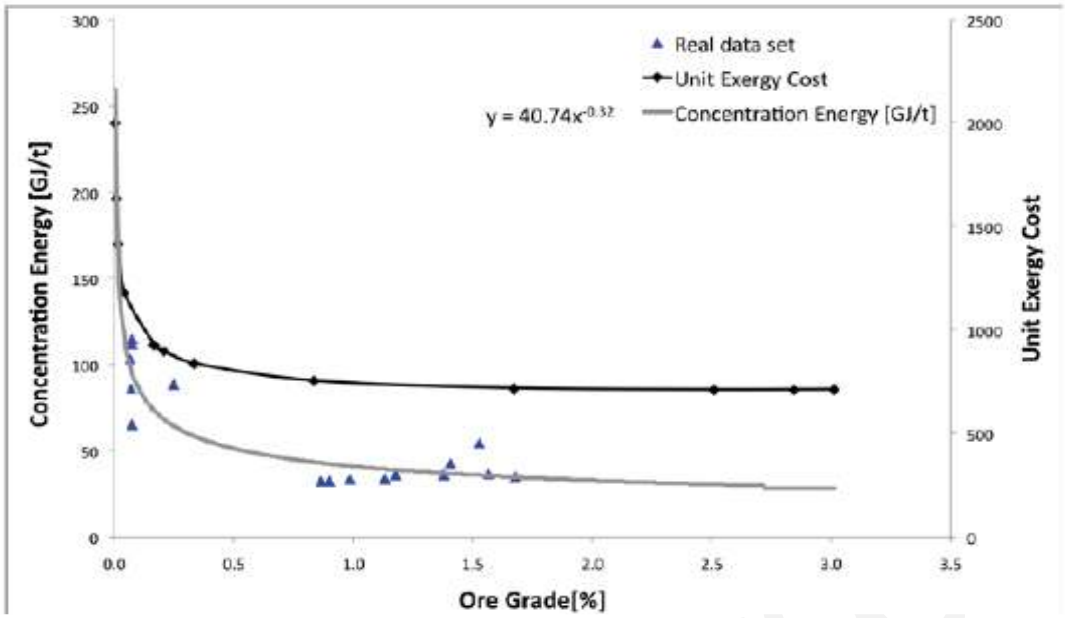
[24]. *International Energy Agency*
[25]. *rolled copper tubes*

معدن مس براساس عیار سنگ معدن برای روشهای مختلف تولید مس نمایش داده شده است[۵۳].



شکل۷-۲۰. روند تغییرات مصرف ویژه انرژی تولید کلاف لوله‌های مسی از سنگ معدن مس براساس عیار سنگ معدن

مس در طبیعت معمولا با گوگرد یافت می شود.به صورت کالکوپیریت اما می توان به صورت اکسید یافت که میزان انرزی لازم برای تولید مس به میزان غلظت مس موجود در سنگ مس است. مرکز تحقیقات منابع انرژی مرکز تحقیقات اسپانیا میزان تولید مس معدن بر اساس غلظت سنگ مس را به صورت شکل۷-۲۱ نمایش می‌دهد.



شکل۷-۲۱. میزان انرژی مصرفی برحسب غلظت سنگ معدن

براساس اطلاعات دریافت شده از هندبوک شیمی صنعتی هولمن، سال ۲۰۰۱، کل انرژی مصرفی جهت تولید یک تن مس از کانی حدود ۴۵ گیگاژول می‌باشد که برای تولید یک تن مس با استفاده از قراضه به تقریباً نیمی از این انرژی یعنی حدود ۲۰ گیگاژول انرژی نیاز می‌باشد[۵۳].

در جدول۷-۱۴ اطلاعات مربوط به انرژی مصرفی به ازای محصول تولیدی برای تولید مس از کنسانتره با روش پیرومتالورژی، تولید مس از کانی اکسیدی با روش هیدرومتالورژی و تولید مس با استفاده از قراضه در صنایع مس آمریکا ارائه شده است[۴۶].

جدول۷-۱۴. معیار مصرف ویژه انرژی برای تولید مس با روشهای مختلف در صنایع مس آمریکا

Copper Recovery Method	Energy Requirment (MJ/kg Cu)	Carbon Footprint (tCO2/t Cu)
Pyrometallurgy from Ore Concentarte	۱۶,۹	۱,۲۵
Hydrometallurgy from Oxide Ores	۲۵,۵	۱,۵۷
Secodary Production from Scarp	۶,۳	۰,۴۴

کل میزان تولید مس شیلی در سال ۲۰۰۴ برابر 15.8 میلیون تن بوده است، که از این میزان حدود 10.8 میلیون تن از کانی استخراج شده و ۳ میلیون تن آن از مات مس-نیکل و 1.9 میلیون تن از آن از روش ثانویه تولید می‌شود. همانگونه که قبلاً اشاره گردید یکی از فاکتورهای مؤثر در میزان مصرف ویژه انرژی در تولید مس عیار ماده اولیه مورد استفاده در فرآیند تولید مس می‌باشد. مصرف ویژه انرژی شدیداً به عیار کانی وابسته است. انرژی موردنیاز جهت تولید یک تن مس از کانی با عیار 1.5 درصد حدود ۳۰ گیگاژول می‌باشد و این انرژی برای کانی با عیار 0.5 درصد به بیش از ۱۲۵ گیگاژول می‌رسد[۵۴].

در تحقیق صورت گرفته توسط سارا پیمنتل[۲۶] متوسط سهم مصرف ویژه انرژی فسیلی و الکتریکی به طور جداگانه در بخشهای مختلف فرآیند تولید مس از کانی در صنایع مس شیلی از سال ۱۹۹۲ تا سال ۲۰۰۰ در جدول۷-۱۵ و جدول۷-۱۶ ارائه شده است[۵۵].

energyenergy.ir

[26]. *PIMENTEL, SARA*

جدول۷-۱۵. مصرف ویژه انرژی فسیلی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۰

	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰
OPEN PIT (MJ/Tonne of fine copper in mineral)	۴۴۴۳	۴۳۰۵	۵۱۱۱	۴۷۵۸	۴۴۰۳	۴۱۳۹	۴۲۵۵	۳۶۴۳	۳۹۸۵
UNDERGROUND MINE (MJ/Tonne of fine copper in mineral)	۵۱۴	۵۳۲	۵۷۷	۵۸۷	۵۲۵	۴۲۵	۴۸۲	۵۵۰	۷۵۳
BENEFICIATION (MJ/Tonne of fine copper in concentrates	۵۰۵	۳۹۳	۱۵۳	۳۴۲	۲۵۹	۲۹۱	۲۳۱	۲۱۸	۱۹۲
OXIDES TRREAMENT (MJ/Tonne of fine copper in EW cathodes)	۹۵۱	۸۰۸	۹۶۶	۳۰۹۹	۲۹۷۷	۲۴۵۷	۲۴۰۶	۳۶۵۰	۳۵۹۷
SMELTER (MJ/Tonne of fine copper in Blister)	۱۱۴۹۷	۱۱۴۷۷	۱۱۳۰۰	۱۰۶۳۲	۹,۸۸۱	۹۳۹۸	۸۶۲۱	۷۵۷۷	۷۷۷۳
REFINERY (MJ/Tonne of fine copper in ER Cathodes)	۱۱۴۲	۱۱۴۰	۰۹۲	۱۰۴۲	۱۰۲۵	۷۶۸	۸۰۰	۱۰۳۳	۱۰۱۱
SERVICES (MJ/Tonne of total fine copper)	۱۰۸۴	۴۴۷	۳۵۰	۳۷۰	۲۹۷	۳۲۱	۴۰۲	۴۰۳	۴۲۷

energyenergy.ir

جدول۷-۱۶. مصرف ویژه انرژی الکتریکی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۰

	۱۹۹۲	۱۹۹۳	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰
OPEN PIT (MJ/Tonne of fine copper in mineral)	۹۵۶	۷۷۵	۷۸۱	۷۵۰	۷۱۰	۵۸۱	۵۸۶	۵۰۵	۴۵۲
UNDERGROUND MINE (MJ/Tonne of fine copper in mineral)	۱۰۵۱	۱۱۰۵	۱۱۰۲	۱۰۲۳	۹۷۲	۹۰۲	۹۳۲	۱۱۵۲	۱۱۹۵
BENEFICIATION (MJ/Tonne of fine copper in concentrates	۵۳۸۴	۵۴۷۰	۵۷۴۹	۵۵۷۲	۵۰۳۲	۵۰۷۵	۵۴۵۸	۵۸۱۶	۶۱۴۴
OXIDES TRREAMENT (MJ/Tonne of fine copper in EW cathodes)	۱۰۲۱۰	۸۹۹۰	۹۶۴۷	۹۹۲۱	۹۸۷۸	۹۵۱۲	۹۵۸۸	۹۸۴۲	۱۰۰۹۶
SMELTER (MJ/Tonne of fine copper in Blister)	۲۶۳۳	۲۷۶۰	۲۹۶۷	۲۸۱۶	۲۷۱۹	۲۸۹۶	۳۰۸۱	۳۴۳۲	۳۴۶۴
REFINERY (MJ/Tonne of fine copper in ER Cathodes)	۱۳۲۵	۱۲۶۶	۱۲۵۲	۱۱۸۲	۱۱۹۲	۱۱۹۵	۱۲۰۱	۱۲۳۰	۱۲۴۱
SERVICES (MJ/Tonne of total fine copper)	۵۶۶	۵۶۳	۵۵۹	۵۳۶	۵۹۶	۵۶۷	۶۳۰	۴۹۸	۴۷۶

در جدول۷-۱۷ توزیع انرژی مصرفی در بخشهای مختلف فرآیند تولید مس از کانی با متوسط عیار 1.14 درصد در صنایع مس شیلی در سال ۲۰۰۲ ارائه شده است[۵۴].

جدول۷-۱۷. توزیع انرژی مصرفی به ازای مس تولیدی در بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی در سال ۲۰۰۲

	Fuel Use *GJ/t*	Electricity Use *kWh/t*
Mining		
Open pit	5.68	
Underground	0.46	
Concentration		2 029
Drying	1.13	
Smelting	9.56	672
Refining		
Electro-refining	1.18	341
Electro-winning	1.08	2 791
Sulphuric acid plant		141
Services	1.05	32
Others	0.38	
Total (open pit mining)	20.06	6 006

Note: 1.14% copper ore grade, 30% copper content in the concentrates.
Source: Alvarado, *et al.*, 2002.

بر اساس گزارشات کمیته مس شیلی، ۸۷ درصد انرژی مصرفی در معدن به صورت سوخت فسیلی است این در حالی است که در تغلیظ انرژی مصرفی عمدتاً به صورت انرژی الکتریکی است به طوری که ۹۷ درصد انرژی مصرفی، انرژی برق است. مصرف ویژه انرژی فسیلی و الکتریکی به طور جداگانه در بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی برای سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ به ترتیب در جدول۷-۱۸ و جدول۷-۱۹ ارائه است[۵۶].

جدول۷-۱۸. مصرف ویژه انرژی فسیلی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی

Fuel Consumption Unit Ratios

(Refined ton in final product)

	2004	2005	2006	2007	2008
Open Pit (MJ/MTF ore)	4,442.4	4,196.4	4,465.0	5,119.6	5,634.4
Underground (MJ/MTF ore)	1,000.6	1,333.1	1,563.9	1,808.5	1,297.6
Mina (1) (MJ/MTF ore)	3,932.9	3,799.9	4,084.6	4,702.9	5,186.4
Concentrating Plant (MJ/MTF concentrate)	176.2	215.8	185.4	188.6	233.4
Smelter (MJ/MTF anodes)	4,699.8	4,965.3	4,827.9	4,964.9	5,170.3
Refinery (MJ/MTF EW cathodes)	1,475.2	1,751.7	1,603.7	1,504.0	1,195.1
LX-SX-EW (MJ/MTF SX-EW cathodes)	2,669.1	2,905.5	2,893.8	3,094.6	3,080.1
Services (MJ/MTF total production)	318.6	278.3	280.0	266.1	256.7

(1) Weighted average of open pit and underground mining unit ratios.

Source: *Cochilco, based on company reports.*

(2) MTF: Metric ton refined copper

جدول۷-۱۹. مصرف ویژه انرژی الکتریکی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی

Electricity Consumption Unit Ratios

(Refined ton in final product)

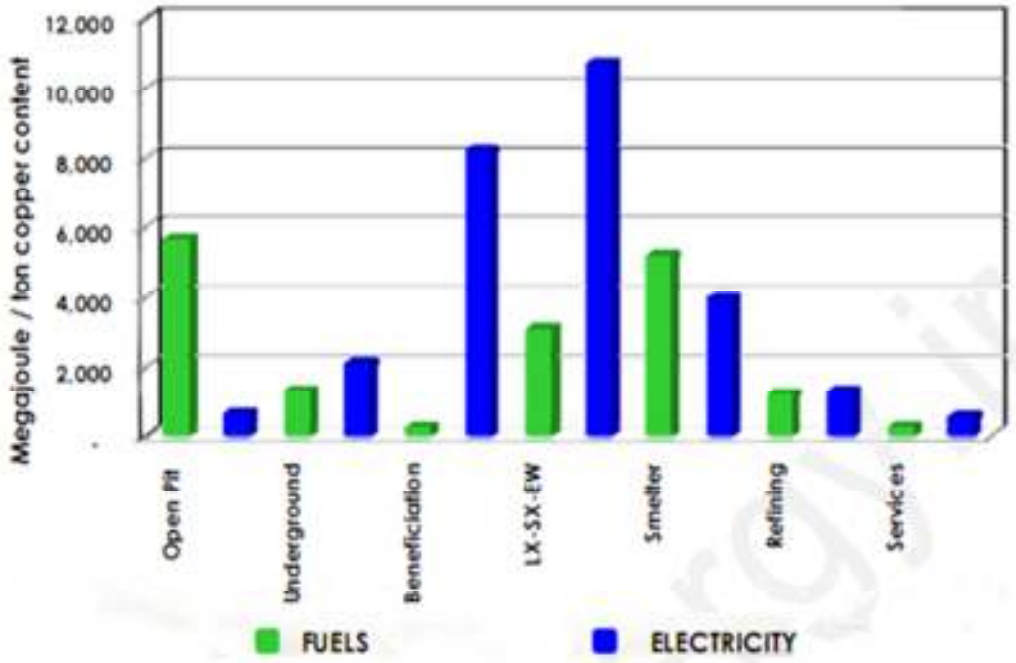
	2004	2005	2006	2007	2008
Open Pit (MJ/MTF ore)	585.6	639.7	614.3	619.9	654.8
Underground (MJ/MTF ore)	1,257.9	1,558.5	1,693.5	1,692.3	2,099.4
Mina (1) (MJ/MTF ore)	689.1	770.0	758.5	757.3	808.2
Concentrating Plant (MJ/MTF concentrate)	6,942.7	7,240.9	7,424.6	7,862.7	8,208.5
Smelter (MJ/MTF anodes)	3,836.2	3,771.7	3,778.7	3,887.1	3,692.1
Refinery (MJ/MTF EW cathodes)	1,276.8	1,269.9	1,233.4	1,221.2	1,285.1
LX-SX-EW (MJ/MTF SX-EW cathodes)	10,429.0	10,082.3	10,128.7	10,479.6	10,702.3
Services (MJ/MTF total production)	515.9	576.1	502.5	443.2	558.0

(1) Weighted average of open pit and underground mining unit ratios.

Source: *Cochilco, based on company reports.*

(2) MTF: Metric ton refined copper

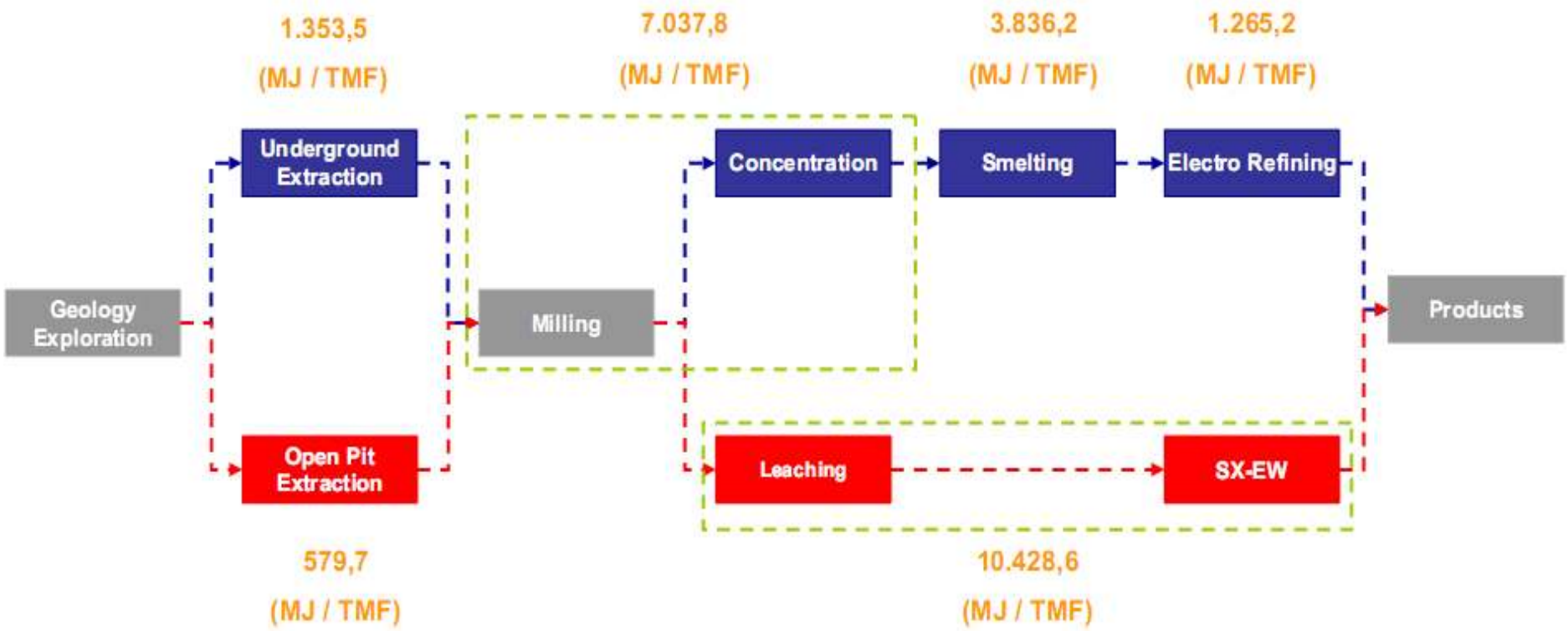
متوسط مصرف ویژه انرژی فسیلی و الکتریکی به طور جداگانه در بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی برای سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ در نمودار شکل۷-۲۲ نشان داده شده است[۵۷].



شکل۷-۲۲. متوسط مصرف ویژه انرژی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی برای سالهای ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷

در تحقیق صورت گرفته توسط دیوید وارگس[۲۷] در بررسی طرح توسعه هوای پاک در معادن مس کشور شیلی سهم مصرف ویژه انرژی الکتریکی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی به طور شماتیک(شکل۷-۲۳) نمایش داده است[۵۸].

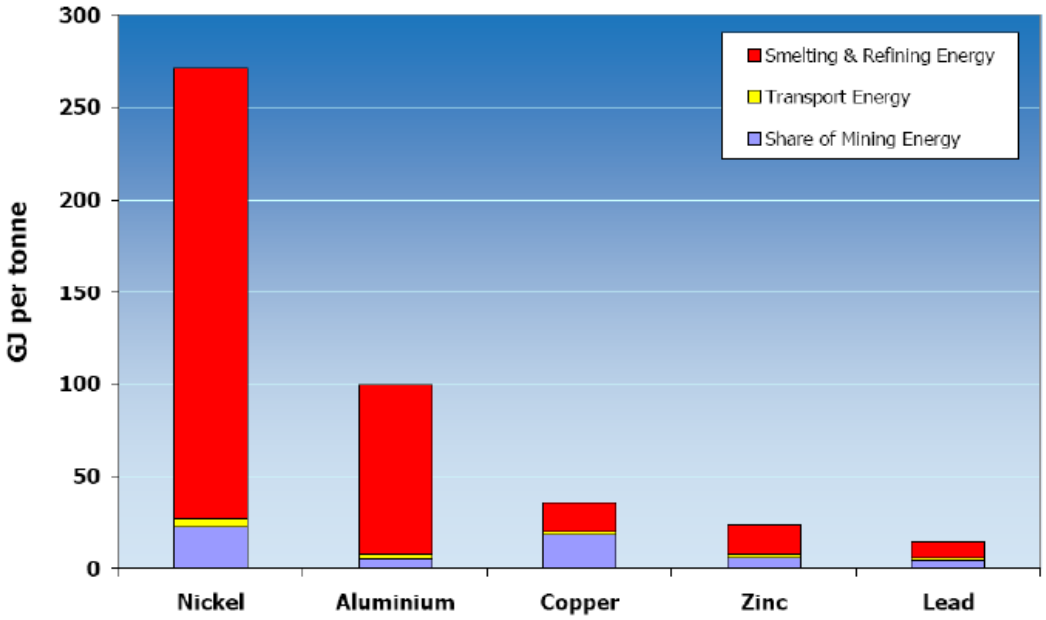
[27]. *David Vargas N.*



MJ/TMF: Megajoule/Metric ton refined copper

شکل۷-۲۳. مصرف ویژه انرژی الکتریکی بخشهای مختلف فرآیند تولید صنایع مس شیلی

در راستای اجرای استاندارد مدیریت انرژی(EN16001) در ذوب مس آتلانتیک[۲۸] متوسط مصرف ویژه انرژی صنایع تولید فلزات از سنگ معدن آنها استخراج و در سمینار انرژی و محیط زیست لیسبون[۲۹] ارائه شده است. براساس نتایج ارائه شده (شکل۷-۲۴)، مصرف ویژه انرژی ذوب و پالایش مس با کنسانتره ۲۵ الی ۳۰درصد حدود ۲۰ گیگاژول بر تن و مصرف ویژه انرژی کل فرآیند تولید مس از کانی با عیار ۱ تا ۳ درصد حدود ۳۵ گیگاژول بر تن مس می‌باشد[۵۹].



Source: Metalytics - INCSG Energy and climate change policy seminar, Lisbon 2009.

شکل۷-۲۴. متوسط مصرف ویژه انرژی صنایع تولید فلزات اروپا از سنگ معدن آنها

بر اساس مطالعات انجام شده توسط سازمان توسعه صنعتی سازمان ملل متحد (UNIDO) در سال ۲۰۱۰، متوسط مصرف انرژی در صنعت مس Copper GJ/t ۱۳/۸ است (جدول۷-۲۰). طبق همین مطالعات میزان مصرف برای بهترین تکنولوژی‌های روز در این صنعت Copper GJ/t ۶/۳ است. منبع اطلاعات مورد استفاده در مطالعات مذکور Brook hunt بوده است[۶۰].

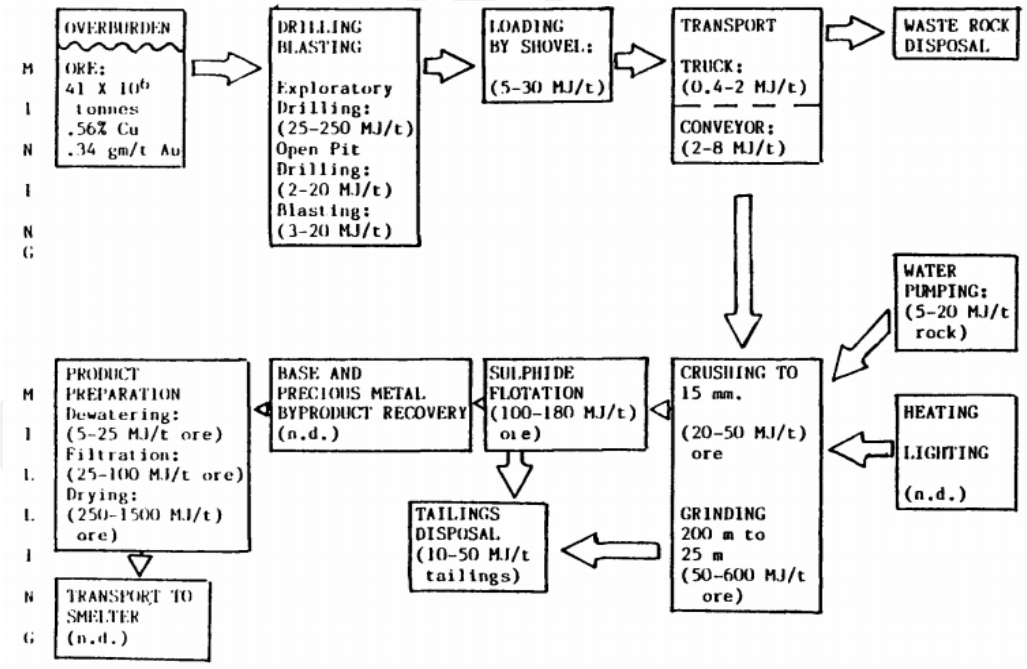
[28]. *Atlantic*
[29]. *Lisbon*

جدول۷-۲۰. میزان مصرف انرژی در صنایع مختلف[۶۱]

Overview of ranges for average energy use and energy benchmark data

Sectors (products and processes) (year data refers to)	Meth. (M/V/I)	Units	Ranges for average energy use in: Selected IOs	Selected DOs (incl. EIT)	Global average	Best Available Technology (BAT)	Energy benchmark data: Int. Benchmark/ Lowest EEI	Last Decile Plant (or region)	Worst Plant (or region)	Coverage of the data (%)
Petroleum refineries (2003)	*I*	*EEI*	*0.7-0.8*	*1.3-1.8*	*1.25*	*1*	-	-	-	*80*
Chemical and petrochemical										
High value chemicals (2005)	B & I	GJ/t HVC	17.6-18.3	17.1-18.3	16.9	10.6	17.5	21.6	33.6	75
Ammonia (2007)	B & I	GJ/t NH_3	33.2-36.2	35.9-46.5	41	23.5	31.5	43	58	100
Methanol (2006)	B & I	GJ/t MeOH	33.2-35.8	33.8-40.3	35.1	28.8	30	38.5	58	80
Non-ferrous metals										
Alumina production (2007)	B & I	GJ/t alumina	10.9-15.5	10.5-14.5	16	7.4	7.8	14.3	18.4	100
Aluminium smelting (2007)	B & I	MWh/t primary aluminium	14.8-15.8	14.6-15	15.5	13.4	14.7	17.1	20.8	195
Copper	B	GJ/t copper	-	-	43.8	6.3	7.4	33.1	50.8	50
Zinc (2006)	I	GJ/t zinc	25.2-29.7	26.7-37.2	23.6	-	25.2	-	37.2	100
Iron and steel (2005)	*I*	*EEI*	*1.28-1.4*	*1.4-2.2*	*1.45*	*1*	*1.28*	-	*2.2*	*100*
Non-metallic minerals										
Clinker (2007)	B & I	GJ/t clinker	3.3-4.7	3.1-6.7	3.5	2.9	3	4.4	6.6	100
Cement (2007)	B & I	kWh/t cement	109-134	92-171	109	88	88	133	144	100
Lime	I	GJ/t lime	3.6-13	5-13	-	-	3.2	-	-	-
Glass (~2000s)	B & I	GJ/t melt	4-10	6.8-7.8	6.5	3.4	3.6	5.7	8.7	-
Brick making (~2000s)	I	MJ/kg fired brick	1.5-3	0.75-12	-	-	VSBK: 0.75 Tunnel: 1.5	-	-	-
Tiles	I	GJ/t tile	1.9-7.3	3.1-6.3	-	-	1.9			-
Sanitaryware	I	GJ/t sanitaryware	4.2-11.3	4.4-20	-	-	4.2	-	-	

در تحقیق صورت گرفته توسط هارلد رولف اشمیت[۳۰] از دانشگاه کلمبیای انگلیس در اکتبر ۱۹۸۵ فرآیند تولید کنسانتره مس به همراه انرژی موردنیاز جهت تولید مس در هر بخش ارائه شده است(شکل۷-۲۵)[۶۲].



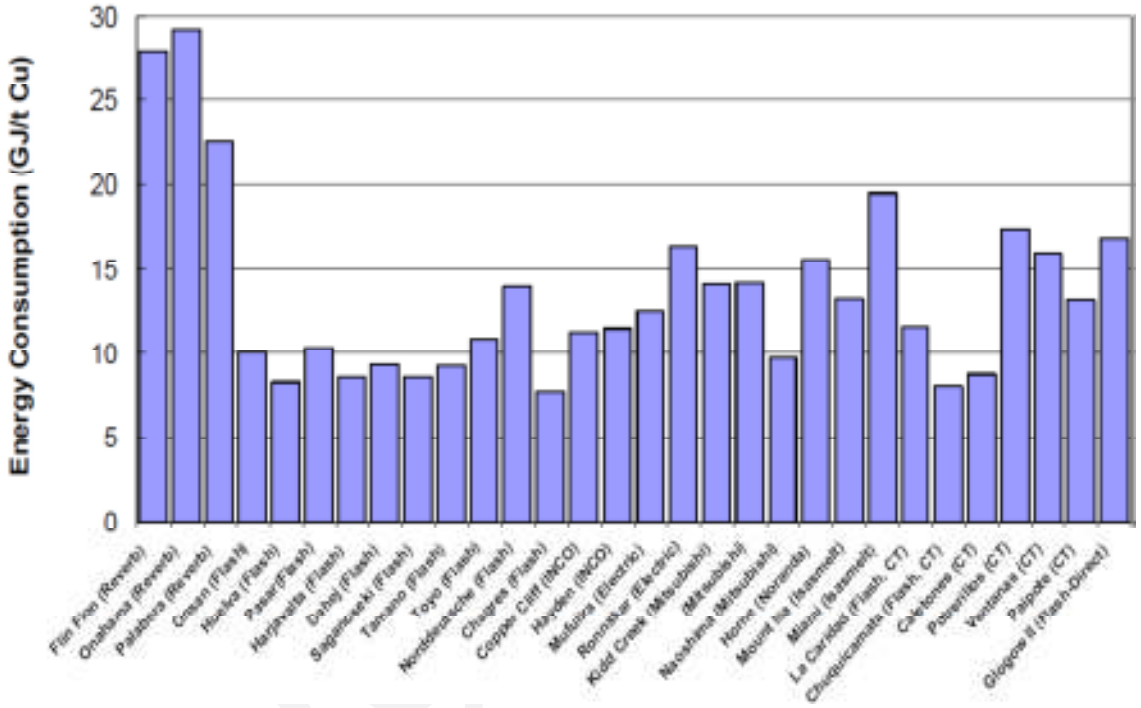
شکل۷-۲۵. فرآیند تولید کنسانتره مس به همراه انرژی موردنیاز

لازم به ذکر است، اعداد ارائه شده در این مرجع (شکل۷-۲۵) بسیار تقریبی و با دامنه تغییرات بالا

[30]. *Harold Rolf Schmitt*

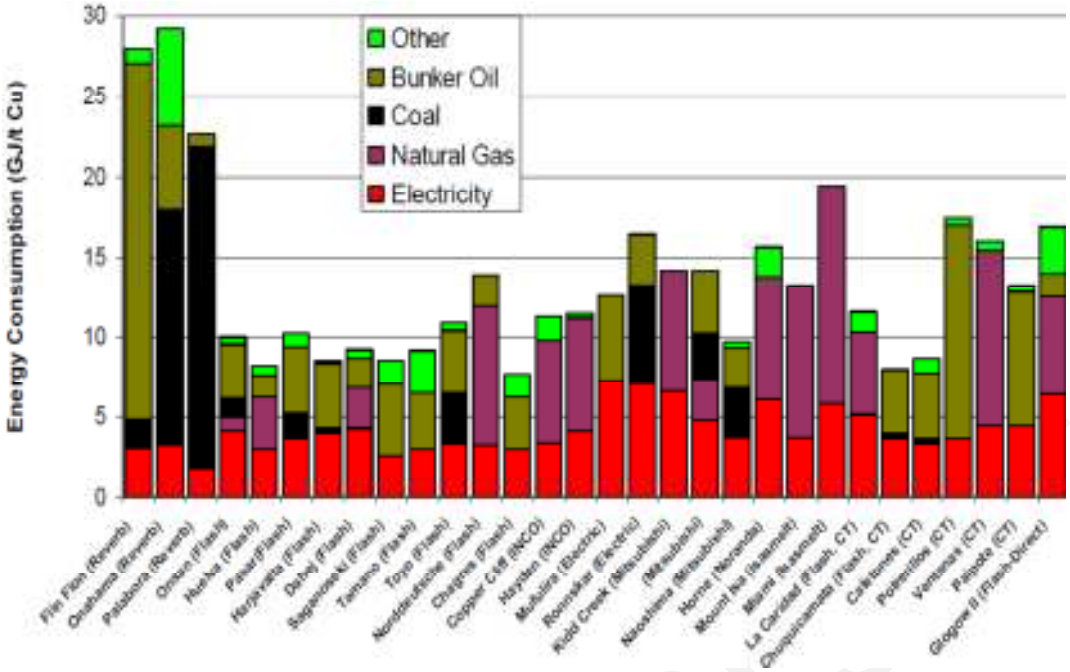
می‌باشد[۶۲].

شکل۷-۲۶ میزان انرژی مصرفی به ازاء تولید هر تن مس در ۳۰ کارخانه تولید مس دنیا را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین مصرف انرژی مربوط به واحدهایی است که از کوره‌های ریورب استفاده می‌کنند و کمترین مصرف مربوط به واحدهایی است که از کوره‌های تشعشعی استفاده می‌کنند. میزان مصرف برای واحدهای دارای تکنولوژی اینکو، کوره الکتریکی و میتسوبیشی کمتر از تکنولوژی ریورب اما بیشتر از کوره تشعشعی گزارش شده است.



شکل۷-۲۶. میزان انرژی مصرفی به ازاء تولید هر تن مس در ۳۰ کارخانه تولید مس دنیا[۲۹]

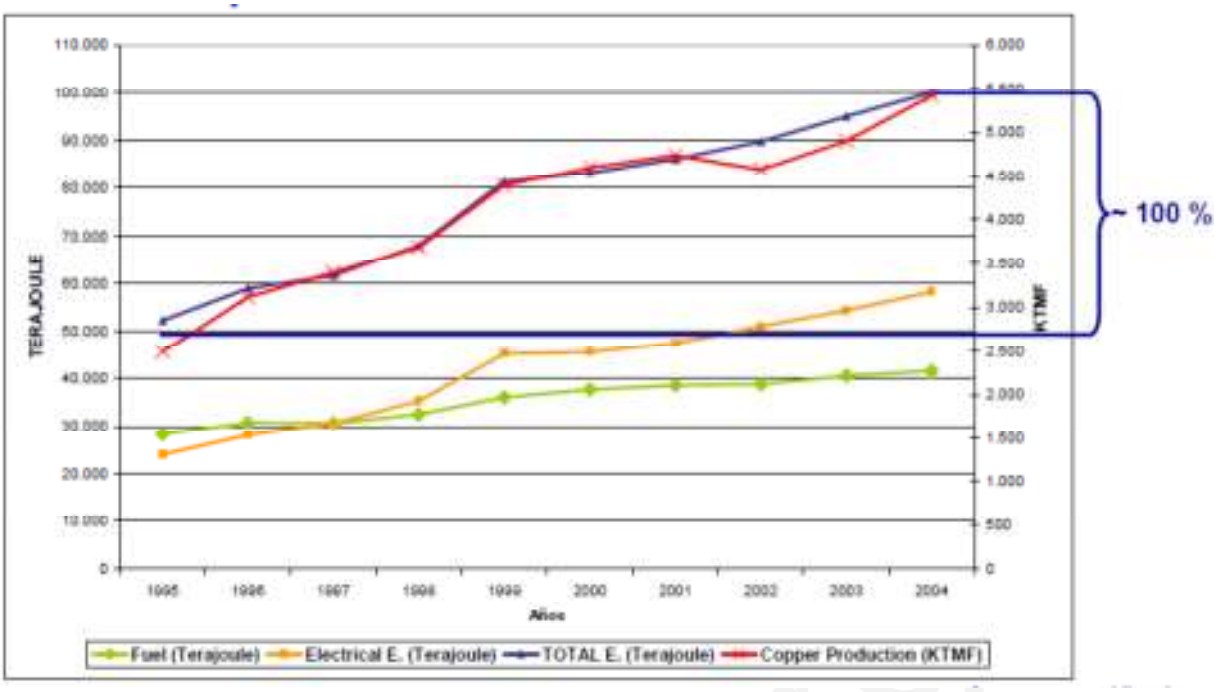
در شکل۷-۲۷ نیز سهم هر یک از انواع حامل‌های انرژی (برق، گازطبیعی، مازوت و زغال) در تأمین انرژی موردنیاز در همان کارخانه‌ها (شکل۷-۲۷) را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود در کوره‌های ریورب سوخت فسیلی حجم عمده سوخت مصرفی را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که در کوره‌های فلش سهم سوخت فسیلی و الکتریکی تقریبا به اندازه یکدیگر است. در کوره‌های فلش در بعضی کارخانه‌ها نظیر Dahej و Huelva از گازطبیعی نیز استفاده شده است. در روش‌های نوراندا، اینکو و Isa Smelt سهم گازطبیعی قابل توجه است[۲۹].



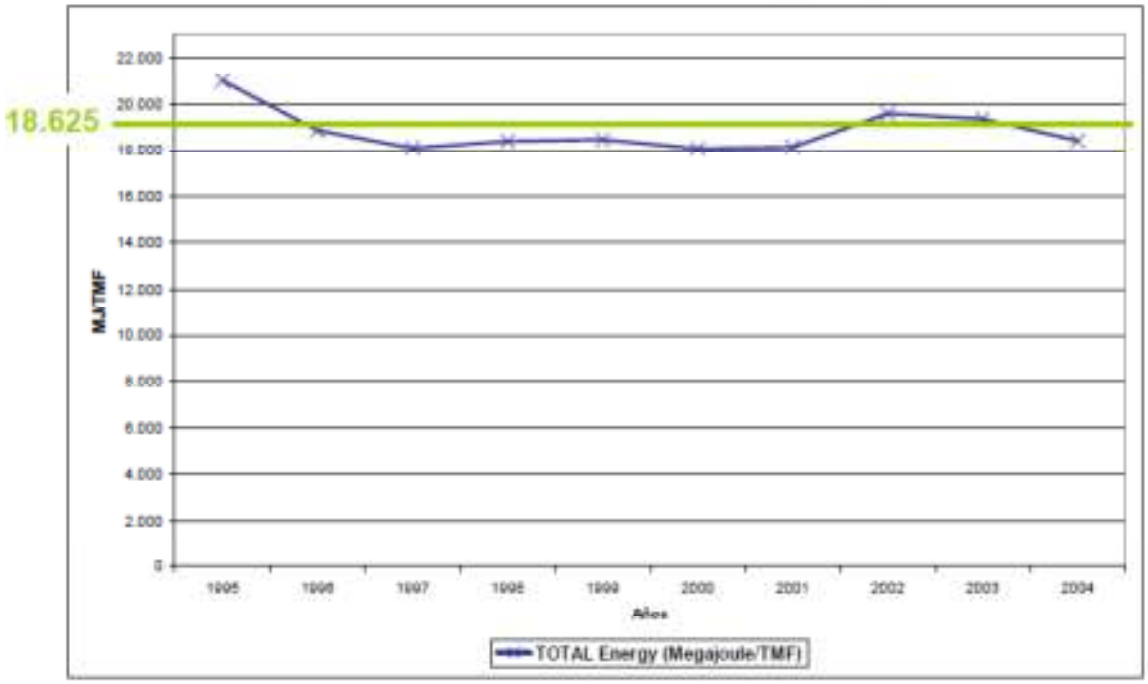
شکل۷-۲۷. سهم هر یک از انواع منابع تأمین انرژی در تأمین انرژی موردنیاز در ۳۰ کارخانه تولید مس دنیا[۲۹]

میزان مصرف انرژی الکتریکی در معدن زیر زمینی حدود ۲/۵ برابر معدن روباز است. مصرف انرژی الکتریکی در روش پیرومتالورژی ۱/۲ برابر روش هیدرومتالورژی است[۴۱].

شکل۷-۲۸ تغییرات تولید مس و مصرف انرژی تا سال ۲۰۰۴ را در کشور شیلی نشان می‌دهد. شیب افزایش تولید مس و افزایش مصرف انرژی تقریبا برابر است. شکل۷-۲۹ نیز متوسط مصرف انرژی به ازاء هر تن تولید در این کشور را نشان می‌دهد. متوسط مصرف انرژی در صنعت مس شیلی ۱۸/۶ Mj/TMF است[۴۱].



شکل۷-۲۸. تغییرات تولید مس و مصرف انرژی تا سال ۲۰۰۴ [۴۱]



شکل۷-۲۹. متوسط مصرف انرژی به ازاء هر تن تولید[۴۱]

۷-۴. جمع بندی مقایسه‌ای مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا

یکی از مهمترین شاخصهای تعیین عملکرد یک واحد صنعتی از دیدگاه مصرف انرژی، مصرف ویژه انرژی آن واحد می باشد. براساس تعریف استاندارد مصرف ویژه انرژی، انرژی مصرفی به ازای محصول مفید خروجی هر واحد، تعیین کننده مصرف ویژه انرژی آن واحد می‌باشد. لذا تقسیم انرژی مصرفی به محتوی مس خروجی از هر واحد تعیین کننده مصرف ویژه انرژی هر واحد فرآیندی می‌باشد.

در این بخش از گزارش جمع بندی مقایسه ای از مصارف ویژه انرژی در صنایع مس نقاط مختلف جهان ارائه شده است.

جدول۷-۲۱. مصرف ویژه انرژی معدن در دنیا

معدن	مصرف ویژه حرارتی	مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی
	MJ/Ton	*KWh/Ton*	*MJ/Ton*	*MJ/Ton*
مس شیلی۲۰۰۲	5680	-	-	-
مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	4400	194	700	5100
مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	5000	167	600	5600
مس شیلی ۲۰۰۱تا۲۰۰۷	5200	139	500	5700
تحقیق دیوید وارگس برمس شیلی	-	161	580	-
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	4500	208	750	5250
دپارتمان انرژی امریکا	-	-	-	5000-6000

جدول۷-۲۲. مصرف ویژه انرژی واحد تغلیظ در دنیا

تغلیظ	مصرف ویژه حرارتی	مصرف ویژه الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی
	MJ/Ton	*KWh/Ton*	*MJ/Ton*	*MJ/Ton*
متوسط مس شیلی۲۰۰۲	1130	2029	7304	-
متوسط مس شیلی ۱۹۹۲تا ۲۰۰۰	300	1528	5500	5800
متوسط مس شیلی ۲۰۰۴تا ۲۰۰۸	200	2083	7500	7750
متوسط مس شیلی ۲۰۰۱تا ۲۰۰۷	200	2222	8000	8200
تحقیق دیوید وارگس برمس شیلی	-	1955	7038	-
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	250	1528	5500	5750
دپارتمان انرژی امریکا	-	-	-	4250-5100

جدول۷-۲۳. مصرف ویژه انرژی واحد های ذوب در دنیا

ذوب	مصرف ویژه حرارتی	مصرف ویژه الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی
	MJ/Ton	*KWh/Ton*	*MJ/Ton*	*MJ/Ton*
متوسط مس شیلی۲۰۰۲	9560	672	2419	11979
متوسط مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	9800	778	2800	12600
متوسط مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	5000	1042	3750	8750
تحقیق دیوید وارگس برمس شیلی	-	1066	3836	-
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	10000	833	3000	13000
دپارتمان انرژی امریکا	-	-	-	12500-15000

جدول۷-۲۴. مصرف ویژه انرژی واحد پالایش در دنیا

پالایش	مصرف ویژه حرارتی	مصرف ویژه الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی
	MJ/Ton	*KWh/Ton*	*MJ/Ton*	*MJ/Ton*
متوسط مس شیلی۲۰۰۲	1180	341	1228	2308
متوسط مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	1000	333	1200	2200
متوسط مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	1400	347	1250	2650
متوسط مس شیلی ۲۰۰۱تا۲۰۰۷	1200	167	1400	2500
تحقیق دیوید وارگس برمس شیلی	-	351	1265	-
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	1000	347	1250	2250
دپارتمان انرژی امریکا	-	-	-	3250-3900

جدول۷-۲۵. مصرف ویژه انرژی واحد لیچینگ در دنیا

لیچینگ	مصرف ویژه حرارتی	مصرف ویژه الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی
	MJ/Ton	*KWh/Ton*	*MJ/Ton*	*MJ/Ton*
متوسط مس شیلی۲۰۰۲	-	-	-	11100
متوسط مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	2500	2778	10000	12500
متوسط مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	2900	2917	10500	13400
متوسط مس شیلی ۲۰۰۱تا۲۰۰۷	2800	2833	10200	13000
تحقیق دیوید وارگس برمس شیلی	-	-	-	10428
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	2000	2778	10000	12000
تولید امریکا	-	-	-	24000
تحقیق استانکوچ از دانشگاه بلگراد بر معدن سروو	-	-	-	25200

در ادامه مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا در هریک از واحدهای فرایندی تولید مس از کانی تا مس پالایش شده و کل فرایند با درنظر گرفتن تکنولوژی تولید و مشابه بودن فرایندها در جدول۷-۲۶ ارائه شده است.

energyenergy.ir

جدول۷-۲۶. مقایسه مصرف ویژه انرژی فرایندهای تولید مس از کانی تا مس پالایش شده برای فرایندهای نسبتاً مشابه در دنیا

کل فرآیند تولید مس	پیرومتالورژی							هیدرومتالورژی	
	مصرف ویژه حرارتی	مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی		مصرف ویژه انرژی ذوب و پالایش		مصرف ویژه کل انرژی	
	GJ/ton	*MWh/ton*	*GJ/ton*	*GJ/ton*	عیار %	*GJ/ton*	*from*	*GJ/ton*	%عیار
IEA	**20.5**	**6.0**	**21.6**	**42.1**	-	**14 – 20**	**Concentration**	-	-
	-	**-**	**-**	**130**		**-**		-	-
متوسط مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	**14.1**	**3.61**	**13.0**	**27.1**	-	**-**	**-**	**13.7**	-
متوسط مس شیلی۲۰۰۲	-	-	-	**30**	**1.5**	**-**	**-**	-	-
				125	**0.5**	**-**	**-**		
	20.1	**6.01**	**21.6**	**41.7**	**1.14**	**-**	**-**	**11.1**	-
متوسط مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	**17.7**	**4.22**	**15.2**	**32.9**	-	**-**	**-**	**13.8**	-
متوسط مس شیلی ۲۰۰۱تا۲۰۰۷	**12.1**	**3.86**	**13.9**	**26.0**	-	**-**	**-**	**13.1**	-
تحقیق دیوید وارگس برمس شیلی	**-**	**3.53**	**-**	**-**	-	**-**	**-**	**10.4**	-
تولید امریکا	-	-	-	**33**	**3**	**-**	**-**	**24**	-
				41.8	-	**-**	**-**		
				57.3	**0.5**	**-**	**-**		
				-	-	**16.9**	**Concentration**		
				-	-	**6.3**	**Scrap**		
دپارتمان انرژی امریکا	**-**	**-**	**-**	**25 – 30**	-	**-**	**-**	--	-
بهینه سازی مصرف انرژی چین	**-**	**-**	**-**	**34.6**	-	**-**	**-**	-	-

کل فرآیند تولید مس	پیرومتالورژی							هیدرومتالورژی	
	مصرف ویژه حرارتی	مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه کل انرژی		مصرف ویژه انرژی ذوب و پالایش		مصرف ویژه کل انرژی	
	GJ/ton	*MWh/ton*	*GJ/ton*	*GJ/ton*	عیار %	*GJ/ton*	*from*	*GJ/ton*	%عیار
محیط زیست صنایع مس ژاپن	-	-	-	-	-	13.5	Concentration	-	-
اروپا	-	-	-	-	-	14-20	Concentration	-	-
یازده کشور اروپا	-	-	-	-	-	6.84		-	-
کتاب انرژی و حقایق آن	-	-	-	80 – 90	1	4	Scrap grade1	-	-
	-	-	-	180	0.3	20	Scrap grade2	-	-
	-	-	-			50	Scrap grade3	-	-
هندبوک شیمی صنعتی هولمن۲۰۰۱	-	-	-	45		20	Scrap	-	-
مس آتلانتیک	-	-	-	35	1-3	20	Concentration	-	-
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	-	-	-	-	-	-	-	12	-
تحقیق استانکوچ از دانشگاه بلگراد بر معدن سروو	-	-	-	-	-	-	-	25.2	-
تحقیقات علوم مهندسی استرلیا	-	-	-	33	3	-	-	-	-
مرکز تحقیقات اسپانیا	-	-	-	184	0.3	-	-	-	-
				125	0.5				
				91	1				
				30	1.5				

فصل هشتم:
انجام مطالعات محک زنی بین المللی تکنولوژی تولید مس با محوریت انرژی

۸-۱. انجام مطالعات محک زنی بین المللی تکنولوژی تولید با محوریت مطالعات شاخصهای انرژی

در این بخش از گزارش مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا در هریک از واحدهای فرایندی تولید مس از کانی تا مس پالایش شده و در کل فرایند تولید مس به دو روش پیرومتالورژی و هیدرو متالورژی با متوسط ایران مقایسه شده است. مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا در هریک از واحدهای فرایندی تولید مس از کانی تا کنسانتره در جدول۸-۱ مقایسه شده است.

جدول۸-۱. مقایسه مصرف ویژه انرژی واحدهای فرایندی تولید مس کشور از کانی تا کنسانتره با معیارهای جهانی موجود

واحدهای فرایندی تولید مس از کانی تا کنسانتره	معدن	تغلیظ
	GJ/Ton	*GJ/Ton*
مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	5.1	5.8
مس شیلی ۲۰۰۱تا۲۰۰۷	5.7	8.2
مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	5.6	7.75
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	5.25	5.75
دپارتمان انرژی امریکا	5.0-6.0	4.25-5.1
متوسط جهانی	**5.4**	**5.9**
متوسط ایران	**6.8**	**10.1**
پتانسیل صرفه جویی	**1.4**	**4.2**

لازم به ذکر است، علت عمده بالا رفتن متوسط مصرف ویژه انرژی ایران در بخش تغلیظ مربوط به مجتمع مس نمونه چهار با مصرف ویژه انرژی حدود (20-2.27=17.7) گیگاژول بر تن می‌باشد. ذکر این نکته ضروریست

که در واحدهای تغلیظ مجتمع‌های مس نمونه یک و مس نمونه چهار علاوه بر کنسانتره مس، جداسازی مولیبدن نیز وجود داشته و سهمی از مصرف انرژی این بخش مربوط به جداسازی مولیبدن بوده که امکان اندازه گیری سهم انرژی این بخش و کسر مصرف انرژی آن از مصرف ویژه انرژی واحدهای تغلیظ نمی باشد. براساس نتایج ارائه شده در مرکز منابع پژوهشی و مصرف انرژی اسپانیا(CIRCE[۳۱]) فرایند جداسازی مولیبدن با عیار 0.5% از کنسانتره ۳۰درصدی مس حدود ۱۳۶گیگاژول بر تن مولیبدن(2.27GJ/tonCu) انرژی نیاز دارد. که با تقریب نسبتاً خوبی می توان این مقدار را از مصارف ویژه انرژی واحد تغلیظ نمونه یک و نمونه چهار کسر کرد.

همانگونه که در شرح فرایند تولید مس به طور مفصل شرح داده شد، مس از دو روش پیرومتالورژی (خشک) و هیدرومتالورژی(تر) استخراج می‌شود. در حدود ۹۰٪ مس تولید شده در دنیا از کانه‌های سولفیدی و از روش پیرومتالورژی حاصل می‌شود و روش هیدرومتالورژی برای استخراج مس از کانه‌های اکسیدی به‌خصوص کربناتها، سیلیکات‌ها و سولفات‌ها و همچنین دورریز کارخانه‌ها بکار می‌رود. برای تولید مس خالص نهایی از روش‌های الکتروشیمیایی استفاده می‌شود که شامل تصفیه‌ی الکتریکی آند در حالت استخراج از روش پیرومتالورژی[۳۲] و استخراج الکترولیتی از محلول[۳۳] در روش هیدرومتالورژی می‌باشد [۲][۳]. فرایند هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی در ایران فقط در مس نمونه یک به طور کامل انجام می گیرد. لذا در این قسمت از گزارش حاضر مقایسه‌ای بین مصرف ویژه انرژی مجتمع مس نمونه یک با مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا برای این دو روش انجام می‌گیرد.

مصرف ویژه انرژی صنایع مس ایران در فرایند تولید مس از کنسانتره تا مس پالایش شده(کاتد) (ترکیب دو فرایند ذوب و پالایش) با مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا در جدول۸-۲ مقایسه شده است.

جدول۸-۲. مقایسه مصرف ویژه انرژی واحدهای فرایندی تولید مس کشور از کنسانتره تا کاتد با معیارهای جهانی موجود

فرآیند تولید مس کاتد از کنسانتره	مصرف ویژه انرژی ذوب و پالایش	
	GJ/ton	***from***
مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	14.2	Concentration
مس شیلی ۲۰۰۱تا۲۰۰۷	11.25	Concentration
مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	15.25	Concentration
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	15.25	Concentration
IEA	14 – 20	Concentration
دپارتمان انرژی امریکا	15.8-18.9	Concentration
تولید امریکا	16.9	Concentration
	6.3	Scrap

31 . *Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos*

32 - Electro Refining

33 - Electro Winning

فرآیند تولید مس کاتد از کنسانتره	مصرف ویژه انرژی ذوب و پالایش	
	GJ/ton	***from***
محیط زیست صنایع مس ژاپن	13.5	Concentration
اروپا	14-20	Concentration
کتاب انرژی و حقایق آن	4	Scrap grade1
	20	Scrap grade2
	50	Scrap grade3
مس آتلانتیک	20	Concentration
متوسط جهانی	**16.3**	**Concentration**
متوسط ایران	**21**	**Concentration**
پتانسیل صرفه جویی	**4.7**	-

در ادامه مقایسه مصرف ویژه انرژی صنایع مس ایران در فرایند تولید مس از کانی تا مس پالایش شده(کاتد) با دو روش رایج پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی با صنایع مس دنیا به ترتیب در جدول۸-۳ و جدول۸-۴ انجام گرفته است.

energyenergy.ir

جدول۸-۳. مقایسه مصرف ویژه انرژی فرایند تولید مس به روش پیرومتالورژی از کانی تا کاتد در ایران با صنایع مس دنیا

کل فرآیند تولید مس	مصرف ویژه انرژی پیرومتالورژی	
	GJ/ton	عیار %
IEA	42.1	-
	130	
تولید امریکا	33	3
	41.8	-
	57.3	0.5
دپارتمان انرژی امریکا	25 – 30	-
بهینه سازی مصرف انرژی چین	34.6	-
کتاب انرژی و حقایق آن	80 – 90	1
	180	0.3
هندبوک شیمی صنعتی هولمن۲۰۰۱	45	-
متوسط مس شیلی۲۰۰۲	30	1.5
	41.7	1.14
	125	0.5
مس آتلانتیک	35	1-3
تحقیقات علوم مهندسی استرالیا	33	3
مرکز تحقیقات اسپانیا	184	0.3
	125	0.5
	91	1
	30	1.5
مس نمونه یک	45.5	0.9
متوسط ایران	**51**	**0.9**
متوسط جهانی	**36**	-
پتانسیل صرفه جویی	**15**	-

جدول۸-۴. مقایسه مصرف ویژه انرژی فرایند تولید مس به روش هیدرومتالورژی در ایران با صنایع مس دنیا

کل فرآیند تولید مس	مصرف ویژه انرژی هیدرومتالورژی
	GJ/ton
متوسط مس شیلی۲۰۰۲	11.1
متوسط مس شیلی ۱۹۹۲تا۲۰۰۰	12.5
متوسط مس شیلی ۲۰۰۱تا۲۰۰۷	13.1
متوسط مس شیلی ۲۰۰۴تا۲۰۰۸	13.4
تحقیق دیوید وارگس برمس شیلی	10.4
تولید امریکا	24
تحقیق هارلد از دانشگاه کلمبیای انگلیس	12
تحقیق استانکوچ از دانشگاه بلگراد بر معدن سروو	25.2
ایران(نمونه یک)	**20**
متوسط جهانی	**18.3**
پتانسیل صرفه جویی	**1.7**

energyenergy.ir

فصل نهم:
بررسی نقش انرژی در انواع تکنولوژیهای تولید و استخراج در هزینه تمام شده تولید مس

صنعت مس به عنوان یکی از صنایع استراتژیک و انرژی بر کشور محسوب می‌شود، حدود ده درصد از هزینه‌های تمام شده تولید مس مربوط به هزینه انرژی است، همچنین در این صنعت هزینه‌های انرژی نقش عمده‌ای در هزینه‌های محصول تولیدی دارد. به طوریکه میزان مصرف سالانه برق در این صنعت بیش از ۱۰۰۰ میلیون کیلووات ساعت برآورد می‌شود که این میزان حدود ۶,۱ درصد از برق مصرف شده در بخش صنعت کشور است[۱۳].

بر این اساس و با درنظر گرفتن برنامه‌های توسعه پیش روی صنعت مذکور (پتانسیل بالای افزایش تولید این محصول در کشور)، توجه به بحث مدیریت مصرف انرژی در صنعت مس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در واقع لازمه مقایسه اصولی و صحیح شاخص‌ها در هر فرایند، شناخت دقیق و علمی از مجموعه شرایط حاکم بر آن فرایند و شرایط محیطی آن فرایند است. پس نگرش جامعه به مجموعه عوامل موثر بر مصرف انرژی در معادن مختلف مس در سطح دنیا، پیش‌نیاز هرگونه تحلیل و مقایسه وضعیت موجود شرکت با سایر صنایع مس دنیاست. پیش از ارائه اعداد و ارقام شدت مصرف انرژی به ازای هر تن مس کاتد در صنعت مس ایران، باید به عوامل مهم تاثیرگذار بر شدت مصرف انرژی در فرایند مشابه استحصال کاتد به روش پیرومتالورژی اشاره شود.

تفاوت در نوع انرژی مصرفی با توجه به تکنولوژی و تجهیزات مورد استفاده در فرایند (مثلا استفاده از شاول‌های الکتریکی یا هیدرولیکی در معادن یا نحوه انتقال ماده معدنی از طریق نوار یا واپکو) است.

فاصله محل دپوی خاک‌های باطله از معدن در کارخانه‌های تغلیظ، تولید بهینه تابعی از پارامترهای سختی، میزان و عیار ماده معدنی ورودی، تکنولوژی، میزان ریکاوری، نوع و میزان عیار محصول خروجی، نقطه کار طراحی، میزان و چگونگی مصرف مواد شیمیایی افزودنی و آب و عملکرد سیستم‌ها و تجهیزات و شرایط آب و هوایی و جغرافیایی است. به همین دلیل در کارخانجات مختلف تغلیظ اندیس انرژی به‌تنهایی و مستقل از تاثیر پارامترهای فوق برای تعیین قطع کار تولید بهینه معیار مناسبی نیست.

در کارخانجات ذوب مقایسه شدت مصرف انرژی تابعی از پارامترهای قدمت، کیفیت و ترکیب مواد ورودی، نقطه کار طراحی کارخانه، شرایط محیطی و از همه بهتر تکنولوژی ذوب است.

ضایعات (پرت موارد در مسیر فرایند) کیفیت و یکنواختی محصول خروجی و انرژی موردنیاز برای جداسازی سایر کانی‌های معدنی.

وابستگی اندیس مصرف انرژی در فرایند استحصال مس محتوی به عوامل گفته‌شده نشان می‌دهد که مقایسه شدت مصرف در دو فرایند مشابه بدون نرم کردن (یکسان‌سازی) آن نتیجه درست به دست نمی‌دهد و در واقع قیاس درستی نیست.

همان‌طور که از آمار مشخص می شود، میزان حداقل و حداکثر شدت مصرف انرژی در معادن روباز با عیار میانگین ۰/۶۵ به ترتیب در حدود ۷۰ و ۱۲۰گیگاژول بر تن است. در حالی که مقدار اندیس مزبور در صنعت مس کشور در حدود ۱۱۱گیگاژول بر تن است [۱۴] .

برخی عوامل موثر بر شدت مصرف انرژی در فرایند استحصال مس به ماهیت ویژگی‌های معادن و خاک معدنی وابسته است و در هر معدن خاص مقادیری ثابت و غیرقابل تغییر است، اما بیشتر عوامل گفته¬شده و موثر بر شدت مصرف انرژی پارامترهایی قابل تغییرند که انتخاب درست آنها نظیر مهندسی معدن، برنامه‌ریزی، نحوه استخراج، انتخاب تکنولوژی و تجهیزات، نحوه حمل و نقل و... موجب کاهش و بهینه کردن قابل‌توجه اندیس مصرف انرژی در فرایندهای مختلف می‌شود[۱۴].

توجه به جایگاه مرزی اندیس مصرف انرژی تولید کاتد کشور در سطح صنعت مس دنیا و پارامترهای موثر مانند انتخاب تکنولوژی، نحوه بهره‌برداری، مهندسی و برنامه‌ریزی، عمر تجهیزات و... که نقش بسزایی در میزان مصرف انرژی محسوب می‌شوند، نشان می‌دهد ما در وضعیت مطلوبی از نظر مصرف انرژی نیستیم و پتانسیل بالقوه قابل‌توجهی برای کاهش بهینه‌سازی مصرف انرژی وجود دارد. با درنظر گرفتن برنامه‌های توسعه پیش روی صنعت مذکور (پتانسیل بالای افزایش تولید این محصول در کشور)، توجه به بحث مدیریت مصرف انرژی در صنعت مس از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

براساس صورتهای مالی صنایع مس ایران، بهای تمام شده کالای فروش رفته و سهم انرژی در آن برای چند سال متوالی مورد بررسی قرار گرفته است .اساس تهیه این سرفصل مستند بر تولیدات شرکت و سایر عوامل تاثیر گذار می‌باشد .هزینه مواد مستقیم، حاصل از میزان استخراج و میزان تولید شرکت در هر سال محاسبه شده است . از دیگر موارد قابل اهمیت هزینه دستمزد مستقیم می باشد که بر اساس سرانه تولید سال های گذشته برای سال های آتی تعیین شده است .هزینه سربار نیز متاثر از تولیدشرکت و طرح های توسعه شرکت به عنوان هزینه های ثابت تعیین گردیده است .نرخ تورم محاسبه شده در مبحث رشد هزینه های شرکت، نرخ تورم 20 درصد تا سال

1393می باشد .از دیگر عوامل تاثیر گذار در این سرفصل می بایست به مبحث موجودی کالاهای در جریان ساخت و ساخته شده اشاره نمود که متناسب با تولید و مدنظر قراردادن استراتژی های شرکت در سال های گذشته برآورد گردیده است.

نتایج حاصل از محاسبات در جدول۹-۱ ارائه شده است[۱۵].

جدول۹-۱. سهم هزینه انرژی مصرفی در هزینه تمام شده مس تولیدی کشور

سال	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393
هزینه انرژی مصرفی	238,774	460,662	632,993	869,822	1,802,494	2,796,573	4,450,462
بهای تمام شده کالای فروش رفته	7,005,074	10,146,369	11,872,309	14,049,348	23,112,720	31,043,663	43,071,206
سهم انرژی مصرفی در هزینه تمام شده	3.4	4.5	5.3	6.2	7.8	9.0	10.3

شایان ذکر است در محاسبه هزینه انرژی، آزادی سازی و حذف یارانه های انرژی مدنظر قرار گرفته و متناسب با میزان تولید و روند رشد تصاعدی طبق برنامه برابری با قیمت واقعی حامل های انرژی طی پنج سال در محاسبه رعایت شده است .شایان ذکر است هر سال سهم هزینه سربار به سبب افزایش هزینه انرژی و هزینه بهره مالکانه نسبت به کل بهای تمام شده در حال افزایش می باشد [۱۵] .

فصل دهم:
تعیین و دسته بندی راهکارهای
بی هزینه، کم هزینه و پرهزینه بهینه سازی انرژی

تاکنون اقدامات مفیدی در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی در کشور به ثمر رسیده است .تدوین استانداردها و معیارهای برچسب مصرف انرژی، ایجاد و توسعه آزمایشگاه ملی صرفه جویی انرژی، بهینه سازی انرژی و مدیریت بار در صنایع، ممیزی انرژی در ساختمان ها، تهیه نرم افزارهای مشاور بهینه سازی و فعالیتهای آموزشی و آگاه‌سازی از جمله این اقدامات بوده است .اما علیرغم موارد به انجام رسیده، همچنان پتانسیل‌های بسیار گسترده‌ای برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کشور وجود دارد، که در صورت بکارگیری راهکارهای مناسب، نتایجی همچون کاهش سطح تقاضای انرژی و محدود شدن نرخ رشد روبه افزایش ظرفیت سازی نیروگاهی، بهبود الگوی تولید، مصرف و بهبود ضریب استفاده از سیستم موجود و آزادسازی ظرفیت های عرضه برای حضور فعالتر در بازارهای بین المللی انرژی را به دنبال خواهد داشت.

صنعت تولید مس در کشور دارای نقاط ضعفی می باشد که با توجه به تحلیل این نقاط ضعف می توان راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی درصنعت مس را بیان نمود. نقاط ضعف صنعت مس در کشور شامل موارد زیر می باشد

- پایین بودن سرمایه گذاری در این صنعت
- بالا بودن تلفات ذوب و تلفات زمان توقف
- بالا بودن مصرف انرژی به ازای تولید
- قدیمی بودن تکنولوژی تجهیزات، کهنه و یا معیوب بودن تجهیزات موجود
- ضعف در ثبت و تحلیل مصرف انرژی در صنعت مس کشور
- عدم دسترسی به دانش فنی کارآمد
- عدم استفاده صحیح از تجهیزات موجود و بالا بودن تلفات در بخشهای مختلف

- عدم وجود برنامه تعمیر و نگهداری مناسب برای تجهیزات
- آلایندگی نسبتا بالای صنعت و اثرات آن در منطقه به خصوص در فرآیند ذوب
- فرسوده و قدیمی بودن فناوری‌های شرکت و تاثیر منفی آن بر هزینه و ظرفیت تولید (بالا بودن مصرف انرژی، مواد اولیه و نیروی انسانی در فرآیندهای تولیدی) و بالا بودن هزینه‌های توقف
- فقدان ارتباط با مراکز تحقیقاتی، دانشگاهی و اتحادیه‌های صنعتی
- فقدان فعالیت‌های R&D در زمینه توسعه‌های منابع انسانی و بهینه‌سازی مصرف انرژی
- عدم برخورداری از یک نظام آموزشی برای به روز نمودن دانش فنی متخصصین موجود
- دولتی بودن عمده‌ی این صنعت (عدم استقلال کامل مدیریتی به عنوان یک بنگاه اقتصادی خصوصی
- وابستگی تکنولوژی در برخی زمینه ها به سایر کشورها
- محدود بودن منابع مس و کاهش عیار در معادن
- چالش در تامین مالی برای پروژه‌های سرمایه‌گذاری
- بالابودن ریسک صنعت در سرمایه‌گذاری در اکتشاف
- وابستگی شدید به قیمت جهانی مس به دلیل تک محصولی بودن
- عدم برخورداری از واحد حقوقی توانمند

راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور را می توان به سه دسته بی هزینه، کم هزینه و پرهزینه تقسیم کرد. راهکارهای بی هزینه که بیشتر راهکارهای مدیریتی را دربر می‌گیرد، هزینه اجرای بسیار اندک داشته و در برابر سایر راهکارها قابل چشم پوشی است. راهکارهای کم هزینه بیشتر راهکارهایی را در بر می‌گیرد که نیاز به ایجاد تغییراتی در سیستم داشته اما هزینه آن کم می باشد. راهکارهای پرهزینه راهکارهایی است که نیاز به ایجاد تغییر اساسی در سیستم کارخانه (مانند تعویض کل کوره یا تغییر کلی در ساختار تجهیزات و ...) و استفاده از تجهیزات گران قیمت داشته که اجرای آن ها بسیار پرهزینه می‌باشد. این راهکارها در ادامه توضیح داده شده اند.

۱۰-۱. راهکارهای بی هزینه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور

راهکارهای بی هزینه در صنایع مس کشور، شامل راهکارهای مدیریتی می باشد که هزینه آن ها در مقایسه با هزینه سایر راهکارها بسیار ناچیز می باشد. این راهکارها در ادامه توضیح داده شده اند.

۱۰-۱-۱. مدیریت مصرف بهینه انرژی

یکی از مهمترین عوامل افزایش مصرف انرژی در صنایع، عدم وجود مدیریت بر مصرف حامل های آن است. مدیریت انرژی مجموعه روش ها و اقداماتی است که در سیستم های مختلف با هدف مصرف صحیح انرژی، بهبود بازدهی و به حداکثر رساندن منافع یا کاهش هزینه ها انجام می شود و شامل همه ابزارهایی است که برای حصول اطمینان از مصرف کمترین مقدار انرژی برای فعالیت های جاری طراحی شده و اجرا می شوند.

مدیریت انرژی روش های سیستمی، فنی و الگو های رفتاری کارکنان را به منظور کاهش مصرف انرژی، عملیات سازمانی و در نهایت تولید محصول و خدمات تحت تأثیر قرار می‌دهد. یک سیستم مدیریت انرژی به گونه‌ای نظام‌مند جریان انرژی را در سازمان ثبت کرده و به عنوان مبنای اصلی برای سرمایه‌گذاری در بازدهی انرژی نگهداری می‌نماید.

از جمله الزامات یک سازمان موفق، توجه به مقوله انرژی مورد استفاده آن است چرا که هزینه انرژی از فاکتورهای مهم در قیمت تمام شده محصول بوده و چشم اندازهای آینده کشور و پیوستن ایران به سازمان تجارت جهانی مستلزم حذف یارانه های انرژی می باشد. از سوی دیگر با پیگیری روند مصرف کنونی انرژی در زمانی نه چنداد طولانی تمام نفت کشور مصرف داخلی شده و صادرات به صفر خواهد رسید. آلاینده بودن انرژی های فسیلی و تخریب محیط زیست را نیز نباید از نظر دور داشت[۶۶]. در برابر رشد فزاینده مصرف برق دو راه حل عمده مطرح می باشد، راه اول افزایش بیش از پیش ظرفیت تولید برق در کشور است و راه حل دیگر تصحیح الگوی مصرف برق است که هم به سود مصرف کننده می باشد و در عین حال به توزیع عادلانه تر منابع کشور منتهی می گردد[۸۷]. که راه حل دوم مطلوبتر می باشد و جهت دستیابی به این خواسته، نیاز به بررسی دقیق وضعیت موجود و تشخیص کاستیهای آن داریم تا با اتخاذ راهکاری مناسب، شرایط را به سمت مطلوب تغییر داده و با ایجاد تغییر در ساختار انرژی و الگوهای مصرف، موجبات توسعه بهره وری سازمان را فراهم نماییم.

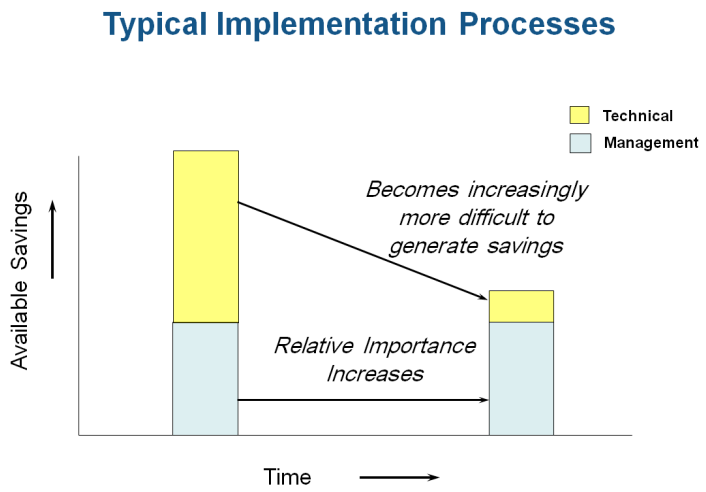
۱۰-۱-۲. استقرار استاندارد مدیریت انرژی

استقرار سیستم استاندارد مدیریت انرژی در صنایع مس بسترهای لازم برای ارتقاء پیوسته و اجرای راهکارهای کاهش مصرف انرژی را در صنعت مس فراهم می کند.

استقرار استانداردهای مرتبط با انرژی مانند ISO 50001:2011 موجب رفع کاستی‌های موجود در سازمان‌ها به منظور دستیابی به حداقل عدم انطباق نسبت به برنامه‌های پیش‌بینی شده مدیریت انرژی می باشد. امروزه رعایت استانداردهای ملی و ایزو در تولید کالا و خدمات به ویژه در مباحث انرژی بهینه سازی مصرف از ضروریات است. به همین شکل می توان در بحث بهینه سازی و مدیریت مصرف انرژی به خوبی آنرا اجرایی نمود. شفافیت فرآیندها و شاخص‌ها، جلوگیری از دوباره‌کاری‌ها، مدیریت و کاهش هزینه‌های انرژی از جمله مزایای استقرار

استاندارد ایزو است. حفاظت بیشتر از محیط زیست و استفاده بهینه از منابع طبیعی، ایجاد ارزش افزوده بیشتر و تسهیل تجارت را می توان از دیگر مزیت های استقرار صحیح ایزو برشمرد.

همانگونه که از نمودار شکل۱۰-۱ مشخص است، در حال حاضر سهم صرفه‌جویی ناشی از اجرای راهکارهای مدیریتی(و مدیریت عملکرد بهینه سیستم) نسبت به راهکارهای تکنولوژیکی(فرایندی) بسیار قابل توجه شده است، که این خود بیانگر لزوم استقرار استانداردهای مدیریت انرژی می باشد.



شکل۱۰-۱. نمودار افزایش سهم راهکارهای مدیریتی در میزان صرفه‌جویی با گذشت زمان

نمودار شکل۱۰-۲ بیانگر عدم کارایی روش‌های مدیریت انرژی ناپیوسته و بازگشت صرفه‌جویی‌های حاصل از اقدامات اصلاحی سیستم و هزینه‌های مربوطه است، که با استقرار سیستم مدیریت انرژی، پیوسته می‌توان عملکرد سیستم را بطور مداوم در حالت بهینه و با بهترین کارایی و کمترین هزینه ممکن نگه‌داشت.

شکل۱۰-۲. نقش ممیزی انرژی مستمر در کاهش هزینه های انرژی صنایع

از الزامات مدیریت انرژی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. ایجاد طرح جامع مدیریت انرژی
۲. طرح ریزی و شناسایی جنبه های (مصرف کننده های عمده) انرژی
۳. ارائه راهکارها و مدیریت پروژه های بهبود انرژی
۴. ایجاد سامانه پایش انرژی
۵. طرح ریزی و اجرای دوره های آموزشی مرتبط با انرژی

برنامه ریزی، اجرا و استمرار مدیریت انرژی، حجم زیاد اطلاعات انرژی، تنوع و حجم زیاد محاسبات و تحلیل‌های مربوطه، استفاده از امکانات مناسب نرم افزاری و سخت‌افزاری برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیابی و انجام تحلیل‌های مناسب و گزارش‌دهی داده‌ها را اجتناب ناپذیر می سازد. برای این منظور نرم افزارهای متعدد با توانمندی‌ها و کارکردهای متنوعی برای سیستم های مدیریت انرژی توسط شرکت های صاحب نام توسعه داده شده است.

در حال حاضر محصولات خارجی بدلیل قیمت بالا، مشکلات پشتیبانی و عدم تناسب با شرایط سازمان‌های ایرانی در کشور جایگاهی ندارند و با حذف یارانه‌های انرژی، تقاضای استفاده از ابزارها و تکنولوژی های انرژی در حال افزایش است به طوری که میزان آن با جدی تر شدن حذف یارانه ها بیشتر نیز خواهد شد. و در داخل کشور نیز به دلیل ضعف وکندی حرکت در روال‌های دولتی و نداشتن دانش جامع و تجربه در این زمینه، تقاضای نیاز به سیستم مدیریت انرژی در بازار در حال رشد می باشد.

موفق ترین برنامه های مدیریت انرژی توسط تیمی از افراد بخشهای اداری، مدیریت، مهندسی، تعمیر و نگهداری، عملیات و مالی توسعه و ابقاء می شود و حتی برای سیستم مدیریت انرژی با ابعاد کوچک یا متوسط، بازنگری دوره ای با افراد دارای تخصصهای مذکور، ارزشمند است[۶۶][۸۷].

۱۰-۱-۳. ارتقاء سیستم اندازه گیری(مانیتورینگ) از دیدگاه انرژی

هدف از مانیتورینگ عملکرد یک واحد صنعتی و تجهیزات جانبی وابسته به آن از دیدگاه انرژی، ایجاد امکان آگاهی از بروز انحرافات احتمالی از وضعیت مطلوب عملکرد، در حین بهره‌برداری می‌باشد. آگاهی از وضعیت عملکرد واحد، با کسب اطلاعات مربوط به پارامترهای بهره‌برداری حاصل می‌گردد. این اطلاعات می‌بایست به طور منظم تحت شرایط پایدار، از نظر بار، توسط بهره‌بردار یا یک سیستم خودکار جمع‌آوری و تحلیل شود.

با ارتقاء سیستم پایش و استفاده از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی عملکرد تخصصی هر صنعت، که پایه طراحی آنها نظریه‌های آماری، مدلسازی ریاضی و روابط حاکم بر عملکرد هر یک از قسمت‌ها و تجهیزات مختلف می‌باشد، کنترل و مانیتورینگ فرآیندهای واحد در محدوده کاری خود بهینه می‌شوند.

توجه به اطلاعات ثبت شده توسط سیستم پایش[۳۴] در بازرسی عبوری، برای اطلاع یافتن از کارایی سیستم و شناسایی هرگونه تغییر ناگهانی در عملکرد سیستم، کالیبراسیون و در صورت نیاز تعمیر و یا حتی تعویض المانهای اندازه‌گیری در صنعت مس، بسیار اهمیت دارد. در واقع ثبت صحیح اطلاعات پایش، با وجود اینکه مستقیماً تأثیری بر میزان تولید انرژی در صنعت مس ندارد، لیکن از طریق ایجاد امکان شناسایی هرگونه تغییر در میزان مصرف انرژی، مقدمات بهبود کارایی و کاهش مصرف انرژی را فراهم می‌کند.

همانگونه که در بسیاری از صنایع مشاهده شده است، ضمن موازنه جرم و انرژی، نشان داده شده است، برخی از اطلاعات ثبت شده توسط سیستم پایش صنایع مورد تردید بوده است؛ که در راستای استقرار مدیریت انرژی، این تردیدها می‌بایست تا حد امکان تقلیل داده شود.

تا زمانی که مصرف ویژه و تلفات انرژی مشخص نباشد، هرگونه پیش بینی و تحلیل راهکارهای قابل اجرا در صنعت مس ممکن نیست. با توجه به اینکه در یک صنعت مس از حاملهای انرژی متفاوتی استفاده می شود، طبق معیارها و مشخصات تدوین شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران رعایت نکات زیر الزامی است[۸۸].

- ✓ برای اندازه گیری انرژی الکتریکی علاوه بر کنتور اصلی، هریک از تجهیزات باید کنتور فرعی جداگانه داشته باشد.
- ✓ تمام کوره های ذوب الکتریکی، باید به کنتور نشانگر مصرف و آمپر مجهز باشد.
- ✓ برای اندازه گیری گاز مصرفی، علاوه بر کنتور اصلی هریک از تجهیزات باید به کنتور فرعی مجهز باشد.
- ✓ مصرف سایر حاملهای انرژی نیز باید برای هر بخش مشخص باشد.
- ✓ به منظور اطمینان از کارکرد کنتورها و سایر وسایل اندازه گیری، حداقل هر سه ماه یکبار، باید کنترل شده و عملیات واسنجی (کالیبراسیون) انجام گیرد.
- ✓ در صورتیکه در یک بخش فقط یک نوع انرژی مصرف می شود میزان مصرف می تواند بر اساس واحدهای متداول (کیلووات ساعت، متر مکعب و ...) ثبت شود، ولی در سایر موارد که انرژیهای متفاوت مورد استفاده قرار گیرد، اندازه گیری و ارزیابی انرژی معادل ضرورت دارد.

[34] *Monitoring*

۱۰-۱-۴. ارتقاء مهارتهای کارکنان صنعت مس کشور از طریق آموزش

با توجه به استاندارد مدیریت انرژی، افرادی که برای نقشها و مسئولیتها در یک صنعت مشخص تعیین شده‌اند، باید لیاقت و شایستگی کافی را در جهت بهبود راندمان دارا باشند. باید اطمینان حاصل شود که کلیه پرسنل و کارمندان مرتبط با صنعت مس در موارد زیر به آگاهی کامل رسیده اند:

- ✓ سیاستهای انرژی و برنامه های مدیریت انرژی در صنعت مس.
- ✓ کلیه فعالیتهای مرتبط با کنترل و بهبود مصرف انرژی.
- ✓ تأثیرات واقعی و بالقوه مرتبط با مصرف انرژی ناشی از فعالیتهای خود و اینکه چگونه رفتار و فعالیتهای آنها در دستیابی به اهداف انرژی سهیم می باشد.
- ✓ وظایف و مسئولیتها در جهت کنترل و بهبود مصرف انرژی.
- ✓ مزایای بهبود راندمان انرژی.

کارمندانی که فعالیتهای آنان تأثیر بارزی در مصرف انرژی در صنعت مس دارد، باید از لحاظ تحصیلات، آموزش و تجربه در حد بالایی باشند و این از مسئولیتهای سازمان است که اطمینان حاصل نماید چنین پرسنلی دارای کفایت و شایستگی لازم می باشند. همچنین باید کلیه ابزارهای آموزشی لازم مرتبط با بهینه سازی مصرف انرژی شناسائی و تعیین شود. باید اطمینان حاصل شود که سطوح مدیریتی، آگاهی و آموزشهای لازم و کافی در زمینه مدیریت انرژی را پیدا کرده تا با استفاده از ابزارها و متدلوژی مدیریت انرژی به اهداف تعیین شده دست یابند.

۱۰-۱-۵. دستگاه های جدید آنالیز

علاوه بر پیشرفت شگرفی که در آنالیز شیمیایی دستگاهی با ورود انواع روش‌هایICP[۳۵] در این شاخه ایجاد شده که کمک شایانی به اکتشافات ذخایر معدنی کرده است، دستگاه‌های آنالیز پرتابل که بتوان از آنها در محیط‌های صحرایی استفاده کرد در حال پیشرفت هستند از جمله دستگاه‌هایی که در سه سال گذشته کارآیی خوبی از خود نشان داده‌اند نوعی دستگاه X.R.F پرتابل هستند که با گذاشتن این دستگاه بر روی نمونه سنگ با دقت قابل‌قبولی دستگاه میزان عناصر موجود در نمونه را اندازه‌گیری و ثبت می‌کند و حدود ۲۵ عنصر توسط این دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. این دستگاه‌ها فعلا امکان اندازه‌گیری عناصر سبک‌تر از کلسیم در جدول تناوبی را ندارند. وجود این دستگاه در صحرا به‌خصوص در حفاری‌های اکتشافی کمک زیادی جهت جمع‌بندی سریع به کارشناس می‌کند

[35] . Inductively Coupled Plasma

۱۰-۱-۶. کلاس بندی الکترو موتورهای کارخانه بر اساس میزان بار گذاری:

در مورد موتورهای الکتریکی بیشترین صرفه جویی را می توان با خاموش کردن موتورهای بی بار و در نتیجه حذف تلفات بی باری بدست آورد. روش ساده آن در عمل، نظارت دائم یا کنترل اتوماتیک است. اغلب بـه مصـرف برق در بی باری اهمیت چندانی داده نمی شود در حالیکه غالباً موتور در بی باری جریان قابل توجهی دارد.

در ادامه با استفاده از میزان بارگذاری الکتروموتورها، آنها را کلاس بندی کرده و وضعیت مصرف انرژی آن‌هـا را مورد بررسی قرار خواهیم داد. لذا الکتروموتورهای کارخانه را بر اساس میزان بارگذاری به سه دسـته زیرتقسـیم می‌کنیم:

کلاس a :الکتروموتورهای با بارگذاری بین ۷۰٪ تا ۱۰۰٪

کلاس b :الکتروموتورهای با بارگذاری بین ۵۰٪ تا ۷۰٪

کلاس c: الکتروموتورهای با بارگذاری کمتر از ۵۰٪

با توجه به این کلاس بندی، موتورهای کلاس a در وضعیت بهینه مـی باشـند، کـلاس b در وضـعیت نرمـال می‌باشند. یعنی از لحاظ بار گذاری وضعیت مطلوبی دارند اما امکان بهینه کردن آن‌ها وجود دارد، و می‌توان برخی راهکارها را روی آن‌ها اعمال کرد. موتور های کلاس c از لحاظ مصرف انرژی وضعیت مناسبی نداشته و می تـوان مورد بررسی قرار داد.

مطابق با توضیحات قبلی، در جدول۱۰-۱ تا جدول۱۰-۴ الکتروموتورهای اندازه گیری شده در مجتمع مس نمونه یک، نمونه دو، نمونه هشت و نمونه چهار بر اساس کلاس بندی آورده شده اند.

جدول۱۰-۱. موتورهای کلاس a مجتمع مس نمونه یک

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه‌گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	Primary Ball Mill1	6600	3300	3030	0.99	95.4	88
2	Primary Ball Mill2	6600	3300	3040	0.95	95.4	88
3	Primary Ball Mill3	6600	3300	3040	0.97	95.4	88
4	Primary Ball Mill5	6600	3300	3020	0.97	95.4	87
5	Primary Ball Mill6	6600	3300	3160	0.98	95.4	91

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه‌گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
6	Primary Ball Mill8	6600	3300	3194	0.99	95.7	92
7	Sag Mill1	6600	4103	3080	0.88	95	71
8	Sag Mill2	6600	4103	3270	0.92	95.1	76
9	Ball Mill2	6600	4103	3400	0.92	95.1	79
10	Regrind Ball Mill1	6600	1250	980	0.86	95	74
11	Flotation Air Blower No. 1	380	185	185.5	0.85	94.6	95
12	Flotation Air Blower No. 4	380	185	141.5	0.83	94.5	72
13	Plant Air Compressor 2	6600	2237	1952.3	0.90	96.1	84
14	Circulating Water Pump 2	6600	447	384.6	0.83	91.8	79
15	Boiler Feed Pump 1	380	149	115.2	0.89	94.4	73
16	Boiler Feed Pump 2	380	149	131.2	0.88	94.5	83
17	Cooling Tower Exhauster 1	380	112	93	0.86	93.6	78
18	Cooling Tower Exhauster 2	380	112	88	0.85	93.5	75
19	Mill Water Pump No.1 Vertical	6600	520	419.4	0.83	93.5	75
20	Mill Water Pump No.2 Vertical	6600	520	553.5	0.87	93.3	99
21	Mill Water Pump No.3 Vertical	6600	520	420	0.83	93.5	75
22	Mill Water Pump No.5 Vertical	6600	520	473	0.85	93.5	85
23	Return Water Pump Station2	380	250	194	0.80	94.8	74
24	Return Water Pump Station3	380	250	195	0.80	94.8	74
25	Water Pump	6600	2600	2260	0.93	96.4	85
26	Belt Conv.No. 9	380	110	90	0.75	92	77
27	Dust Collector Fan North End	380	110	89	0.75	92	75
28	Snap Air Blower No. 1	380	90	68	0.72	92	70
29	Jaw Crusher	380	112	89	0.82	91	74

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه‌گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
30	Anod Cooling Water Pump 1	380	93	75	0.82	92	75
31	Closed Cooling Water Pump 1	380	75	80	0.85	91	99
32	Air Compressor #1	380	90	72	0.82	90	73

جدول۱۰-۲. الکتروموتورهای کلاس a نمونه دو

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	اطلاعات اندازه گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
			متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	Sag Mill Motor1	6.6	2,536	0.76	94.3	71
2	Main Motor Pump1	6.6	962	0.92	96.1	92
3	Rougher Column Feed Pump	0.4	146	0.94	96	70
4	Flotation, Svedala RCS-50	0.4	4`3	0.65	90	73

جدول۱۰-۳. موتورهای کلاس a کارخانه ذوب نمونه هشت

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	C.F blower a	6600	2240	90/05/10	1340	0.75	95.6	91
2	Air Compressor-A	6600	288	90/05/10	268	0.87	93.2	86
3	Air Compressor-B	6600	288	90/05/10	262	0.86	93.2	85
4	Feed water pump A	6600	250	90/05/10	222	0.9	93.1	83

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
5	Feed water pump B	6600	250	90/05/10	218	0.88	93.1	81
6	Water pump num.3	6600	250	90/05/11	230	0.88	93.1	86
7	Water pump num.2	6600	250	90/05/11	232	0.89	93.1	86
8	SETTLER BLOWER A	400	132	90/05/10	122	0.88	93.1	86
9	W.H.B CIRC. PUMP	400	200	90/05/10	159	0.84	93.9	75
10	Exhauster Fan 0801-08	400	160	90/05/11	141	0.83	94.6	83
11	Pump For Reclaimed Water A.F	400	200	90/05/11	178	0.83	94	84
12	PUMP A(PUMP STATION)	380	60	90/05/11	48	0.82	91	74
13	Rotary dryer	400	55	90/05/10	43	0.79	91	72
14	Exhaust for E.F	400	55	90/05/10	47	0.80	91	79
15	Converting furnace	400	100	90/05/10	83	0.83	92.5	71
16	Roll Crusher	400	75	90/05/11	62	0.81	92	77

جدول۱۰-۴. موتورهای کلاس a نمونه چهار

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	توان نامی (KW)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	TAILINGS LINE A PUMP1	6.9	450	90/05/24	396	0.79	96.2	84
2	TAILINGS LINE A PUMP2	6.9	450	90/05/24	388.9	0.78	96.2	83
3	TAILINGS LINE A PUMP3	6.9	450	90/05/24	382.2	0.77	96.2	81
4	TAILINGS LINE A PUMP4	6.9	450	90/05/24	395.2	0.78	96.2	84
5	WATER PUMP NO.2	6.9	450	90/05/25	393.2	0.91	96.1	79
6	WATER PUMP NO.3	6.9	450	90/05/25	366.5	0.89	96.1	78
7	SAG MILL1	6.9	4103	90/05/25	3977.1	0.74	95.1	92

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	توان نامی (KW)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
8	SAG MILL2	6.9	4103	90/05/25	3923.7	0.74	95.1	91
9	Compressor No.1	0.4	250	90/05/25	81.35	0.55	92.7	80
10	Compressor No.3	0.4	250	90/05/25	112	0.6	93.7	80
11	Compressor No.5	0.4	250	90/05/25	208.1	0.84	95	81
12	FLOTATION AIR BLOWER NO.5	0.4	75	90/05/25	56	0.74	94	71
13	PRESS FILTER NO.1 FEED PUMP	0.4	90	90/05/25	78	0.71	93.5	81
14	SECONDARY CLEANER COLUMN SPARGER PUMP NO.1	0.4	75	90/05/26	62	0.8	93.5	78
15	PRIMARY CLEANER COLUMN NO.1 SEEPAGE PUMP NO.1	0.4	75	90/05/26	60	0.78	93.5	70
16	Rougher flotation, cell No.1 agitator	0.4	132	90/05/24	112	0.82	93.5	80
17	Rougher flotation, cell No.2 agitator	0.4	132	90/05/24	98	0.81	93.3	70
18	Rougher flotation, cell No.3 agitator	0.4	132	90/05/24	110	0.82	93.5	79
19	Rougher flotation, cell No.5 agitator	0.4	132	90/05/24	105	0.81	93.5	75
20	Rougher flotation, cell No.6 agitator	0.4	132	90/05/24	108	0.81	93.5	77
21	Rougher flotation, cell No.9 agitator	0.4	132	90/05/24	111	0.82	93.5	79
22	Rougher flotation, cell No.11 agitator	0.4	132	90/05/24	101	0.81	93.3	72
23	Rougher flotation, cell No.12 agitator	0.4	132	90/05/24	98	0.81	93.5	70
24	Cleaner scavanger flotation, cell No.13 agitator	0.4	75	90/05/25	59	0.73	92.5	73
25	Cleaner scavanger flotation, cell No.14 agitator	0.4	75	90/05/25	62	0.74	92.5	77
26	Cleaner scavanger flotation, cell No.15 agitator	0.4	75	90/05/25	57	0.72	92.5	71
27	Primary cleaner, column No.1 sparger pump No.1	0.4	75	90/05/26	56	0.78	93.5	70

جدول۱۰-۵. موتورهای کلاس b مجتمع مس نمونه یک

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح	توان	اطلاعات اندازه‌گیری	راندمان	

درصد بارگذاری (%)	(%)	ضریب توان	متوسط توان مصرفی (KW)	نامی (kw)	ولتاژ (V)		
61	90	0.75	73.7	110	380	Dust Collector	1
56	-	0.55	263.7	643	440	Coarse Ore Haulage Conv. Main Drive #2	2
58	-	0.67	281	643	440	Coarse Ore Haulage Conv. Main Drive #3	3
53	93.2	0.64	390	675	6600	Regrind Ball Mill2	4
53	93.2	0.65	386	675	6600	Regrind Ball Mill3	5
63	94.8	0.68	2720	4103	6600	Ball Mill1	6
57	94	0.81	112	185	380	Flotation Air Blower No. 2	7
65	93.4	0.89	76.7	112	380	Cooling Water Cooling Pumps1	8
64	95.5	0.93	1959	2983	6600	Converter Air Blower 4	9
44	94.9	0.84	185	400	380	Return Water Pump Station1	10
50	91	0.78	49	90	380	Apron Feeder #1	11
64	92	0.77	52	75	380	84" Collecting Conveyor #1	12
69	92	0.8	55	75	380	Dust Collector System No. 1	13
53	91.5	0.79	43	75	380	Collecting Sump Transfer Pump	14
68	93	0.75	158	220	440	Belt Conv.No.11 Drive No.1	15
63	91.5	0.75	74	110	440	Belt Conv.No.11 Drive No.2	16
50	92.5	0.75	118	220	380	Secondary Cone Crusher No.2 (Drive)	17
75	92	0.75	89	110	380	Dust Collector Fan North End	18
62	92	0.73	50	75	380	Concentrate Transfer Pump # 1	19
68	92	0.72	55	75	380	Concentrate Transfer Pump # 2	20
58	93	0.81	200	322	380	Ball Mill Cyclone Feed Pump2	21
58	93	0.79	198	322	380	Ball Mill Cyclone Feed Pump3	22
58	93	0.81	200	322	380	Ball Mill Cyclone Feed Pump4	23
58	93	0.8	197	322	380	Ball Mill Cyclone Feed Pump5	24

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه‌گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
25	Ball Mill Cyclone Feed Pump6	380	322	208	0.79	93	61
26	Ball Mill Cyclone Feed Pump7	380	322	224	0.82	93	65
27	Regrind Cyclone Feed Pump1	380	250	140	0.79	92	52
28	Regrind Cyclone Feed Pump2	380	250	145	0.8	92	54
29	Regrind Cyclone Feed Pump4	380	250	140	0.82	92	52
30	Compressor Vacum Pump	380	150	105	0.81	92	65
31	Induced Draft Fan	380	186	116	0.75	92	58
32	Short Head Cone Crusher	380	150	110	0.8	92	68

جدول ۱۰-۶. الکتروموتورهای کلاس b نمونه دو

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	اطلاعات اندازه گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
			متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	Sag Mill Motor2	6.6	2,376	0.76	94.4	68
2	Ball Mill Motor1	6.6	2,146	0.83	94.4	68
3	Ball Mill Motor2	6.6	2,155	0.84	94.4	68
4	Slurry Pump	0.69	507	0.99	94.9	60
5	Air Compressor2	6.6	260	0.78	95	55
6	Process Water Pump1	6.6	270	0.79	93.3	63
7	Belt Conveyor Crusher	6.6	246	0.78	93.8	52
8	Flotation Air Blower3	0.4	117	0.81	94.4	69
9	Rock breaker, Hydraulic pump	0.4	38	0.77	91	55
10	Wet dust collecting system	0.4	76	0.79	92	64
11	Wet dust collecting system Lime	0.4	138	0.81	93	65
12	Belt conveyor from stockpile to SAG Mill	0.4	51	0.82	90.5	65

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	اطلاعات اندازه گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
			متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
13	SAG Mill, Inching device	0.4	73	0.78	91	63
14	Flotation, Svedala RCS-50 Cleaner	0.4	47	0.66	90.5	53
15	Centrifugal Slurry pump	0.4	37	0.61	90	58
16	Tailings thickener underflow pump	0.4	38	0.77	91	60
17	Air Compressor1	6.6	226	0.77	95	65

جدول۱۰-۷. موتورهای کلاس b نمونه هشت

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	F.F blower a	6600	630	90/05/10	358	0.82	94.3	54
2	C.F exhaust fan	6600	500	90/05/10	324	0.78	93.8	61
3	F.F exhaust fan	6600	1000	90/05/10	519	0.73	94.6	50
4	Pump For Reclaimed Water E.F	400	160	90/05/10	93	0.95	95.4	55
5	Exhauster Fan 0803-04	400	132	90/05/11	76	0.68	93.8	54
6	Fan For Combustion	400	90	90/05/11	50	0.76	92.6	52
7	AIR COMPRESSOR (FOR INSTRUMENT -A)	400	160	90/05/11	91	0.80	93	53
8	Exhauster fan 801	400	160	90/05/10	112	0.81	93	66
9	Exhauster fan 803	400	132	90/05/11	96	0.79	92.5	69

جدول۱۰-۸. موتورهای کلاس b نمونه چهار

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	توان نامی (KW)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	REGRIIND MILL	6.9	1250	90/05/25	898.6	0.83	94.9	68

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	توان نامی (KW)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
2	BALL MILL	6.9	5968	90/05/25	3563.5	0.79	94.6	57
3	Flotation Air Blower No.2	0.4	200	90/05/25	141.4	0.97	94.7	67
4	Flotation Air Blower No.4	0.4	200	90/05/25	141.3	0.97	94.7	67
5	Pontoon Pump1	0.69	600	90/05/26	352.3	0.95	95	56
6	PRIMARY CLEANER COLUMN NO.2 SEEPAGE PUMP NO.2	0.4	75	90/05/26	59	0.77	93.5	64
7	Rougher flotation, cell No.4 agitator	0.4	132	90/05/24	92	0.8	93.1	66
8	Rougher flotation, cell No.7 agitator	0.4	132	90/05/24	96	0.8	93.3	69
9	Rougher flotation, cell No.8 agitator	0.4	132	90/05/24	89	0.79	93.1	64
10	Rougher flotation, cell No.10 agitator	0.4	132	90/05/24	95	0.81	93.3	68
11	Cleaner scavanger flotation, cell No.16 agitator	0.4	75	90/05/25	55	0.72	92.5	68
12	Dry dust collecting system	0.4	250	90/05/26	180	0.79	93	68
13	Regrind mill, cyclone feed pump No.1	0.4	160	90/05/25	112	0.78	94.5	67
14	Apron feeder	0.4	75	90/05/25	43	0.71	92	54
15	Primary cleaner, column No.1 sparger pump No.2	0.4	75	90/05/26	51	0.77	93.5	64

موتورهایی که در جدول ۱۰-۵ تا جدول ۱۰-۸ ارائه شده اند، از نظر بار گذاری در ردیف کلاس b قرار دارند. یعنی از لحاظ مصرف انرژی در وضعیت نرمال می باشند، ولی می توان برخی از آن‌ها را بهینه سازی کرد. با بررسی های انجام شده مشخص شد که برخی ازموتورها دارای سیستم کنترل دور می باشند. یعنی پایین بودن بارگذاری آنها به دلیل متغیر بودن بار آن‌ها می‌باشد.

جدول۱۰-۹. موتورهای کلاس c مجتمع مس نمونه یک

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه‌گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	Gyratory Primary Crusher	6600	450	123	0.27	91.9	26
2	Belt Conveyor-03	6600	444	112	0.25	94	24
3	Regrind Ball Mill1	6600	675	309	0.54	92.9	42
4	Combustion Air Blower 4(reverb)	380	186	77.1	0.67	89.1	38
5	Combustion Air Blowr 1(anod)	380	56	29.3	0.76	89.5	47
6	Sootblower Compressor 1	6600	1491	665.5	0.76	94.9	43
7	Return Water Pump Station1	380	400	185	0.84	94.9	44
9	Belt Conv.No. 4	380	120	47	0.75	92	37
10	Belt Conv.No. 7	440	260	129	0.75	94	47
11	Secondary Cone Crusher No.1 (Drive)	380	220	109	0.75	92.5	46
12	Secondary Cone Crusher No.3 (Drive)	380	220	109	0.75	92.5	46
13	Tertiary Cone Crusher No.1 (Drive)	380	220	104	0.75	92.5	44
14	Tertiary Cone Crusher No.2 (Drive)	380	220	99	0.75	92	41
15	Tertiary Cone Crusher No.3 (Drive)	380	220	94	0.75	92	39
16	Tertiary Cone Crusher No.4 (Drive)	380	220	109	0.75	92.5	46
17	Tertiary Cone Crusher No.5 (Drive)	380	220	99	0.75	92.5	41
18	Tertiary Cone Crusher No.6 (Drive)	380	220	104	0.75	92.5	44
19	Dust Collector N. Tertiary Crushing	380	150	79	0.75	91.5	49
20	Ball Mill Cyclone Feed Pump1	380	322	163	0.8	92.5	48
21	Regrind Cyclone Feed Pump3	380	250	125	0.81	91.5	47

جدول۱۰-۱۰. الکتروموتورهای کلاس c نمونه دو

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	اطلاعات اندازه گیری		راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
			متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	Regrind Mill	6.6	339	0.70	94.4	43
2	Crusher Motor	6.6	84	0.27	90.2	17
3	Regrind Ball Mill Cyclone Pump	0.4	56	0.84	92.1	40
4	Flotation Air Blower2	0.4	80	0.67	93.3	48

جدول۱۰-۱۱. موتورهای کلاسc نمونه هشت

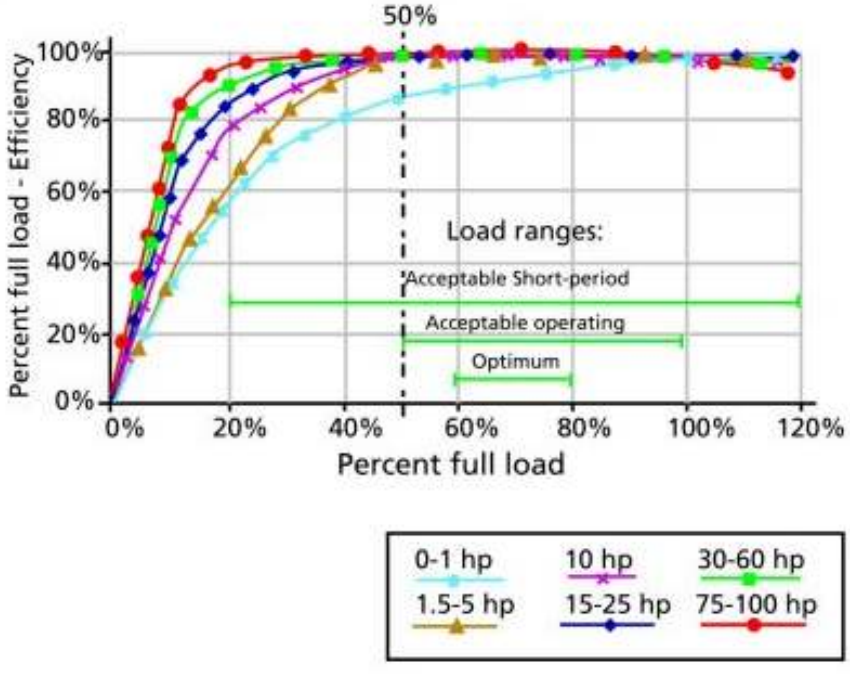
ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (V)	توان نامی (kw)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	Environment exhaust fan	6600	450	90/05/10	171	0.9	92.6	36
2	Squirrel- cage fluffer	400	132	90/05/10	27	0.30	86.3	20
3	Pump For Reclaimed Water F.F	400	200	90/05/11	96	0.5	93.2	45
4	Fan For Dilution	400	132	90/05/11	47	0.6	91.6	33

جدول۱۰-۱۲. موتورهای کلاسc نمونه چهار

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	توان نامی (KW)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
1	SLUPRY PUMP	6.9	895	90/05/25	334.7	0.93	96.6	37
2	Compressor No.2	0.4	250	90/05/25	113	0.97	93.7	43
3	Crusher Motor	6.9	450	90/05/26	47	0.27	85	13

ردیف	مشخصات تجهیز	سطح ولتاژ (KV)	توان نامی (KW)	اطلاعات اندازه گیری			راندمان (%)	درصد بارگذاری (%)
				تاریخ	متوسط توان مصرفی (KW)	ضریب توان		
4	Return Water pmp1	0.69	1050	90/05/26	497.7	0.97	96.6	46
5	Belt conveyor	0.4	75	90/05/25	32	0.65	91	40

موتورهایی که در جدول ۱۰-۹ تا جدول ۱۰-۱۲ارائه شده اند، از نظر بار گذاری در ردیف کلاس c قرار دارنـد. یعنی از لحاظ بارگذاری در وضعیت خوبی نیستند. و میزان بارگذاری آنها پایین می‌باشد. لذا باید مورد بررسی قرار گیرند تا در صورت امکان بهینه شوند. در این جدول موتورهایی دارای سیستم کنترل دور می‌باشـد. یعنـی پـایین بودن بارگذاری آنها به دلیل متغیر بودن بار آن‌ها می‌باشد. موتورهایی که دارای بارگذاری پایینی می باشد و بزرگ انتخاب شدن دلیل انتخاب این موتورها، ریز یا درشت بودن مواد ورودی به آن می‌باشد. ولی بـا در نظـر گـرفتن این عوامل می‌توان گفت که موتورهای فوق Over Size می‌باشد. و می‌توان با موتورهای کوچکتر جـایگزین کـرد، البته با استناد به مقاله ارائه شده از جانب سازمان انرژی امریکا (که دیاگرام راندمان موتور بر حسب مقدار توان آن در شکل ۱۰-۳ ارائه شده است)، جایگزین کردن موتورهای اورسایز تنها برای موتورهای توان پائین مطرح اسـت. و برای موتورهای بزرگ، جایگزین کردن آنها با موتورهای کوچکتر چندان تأثیری در افزایش راندمان موتور نخواهند داشت.



شکل۱۰-۳. دیاگرام راندمان موتور بر حسب مقدار توان آن

شکل۱۰-۳ نمودار میزان تغیرات راندمان بر اساس بارگذاری موتور را نشان می‌دهد. در این نمودار برای موتورهای کوچک، اگر میزان بارگذاری کمتر ۴۰ درصد شود، راندمان موتور به شدت کاهش می یابد. این مورد برای موتورهای ۱۰۰ اسب بخار و بزرگتر در بارگذاری کمتر ۲۰ درصد اتفاق می‌افتد.

۱۰-۱-۷. راه حل‌های عملی جهت کاهش اثرات نامتعادلی ولتاژ

به منظور کاهش نامتعادلی ولتاژ با راه‌های عملی تا اندازه زیادی می‌توانند این نامتعادلی را کاهش داد. اهم این اقدامات به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشند:

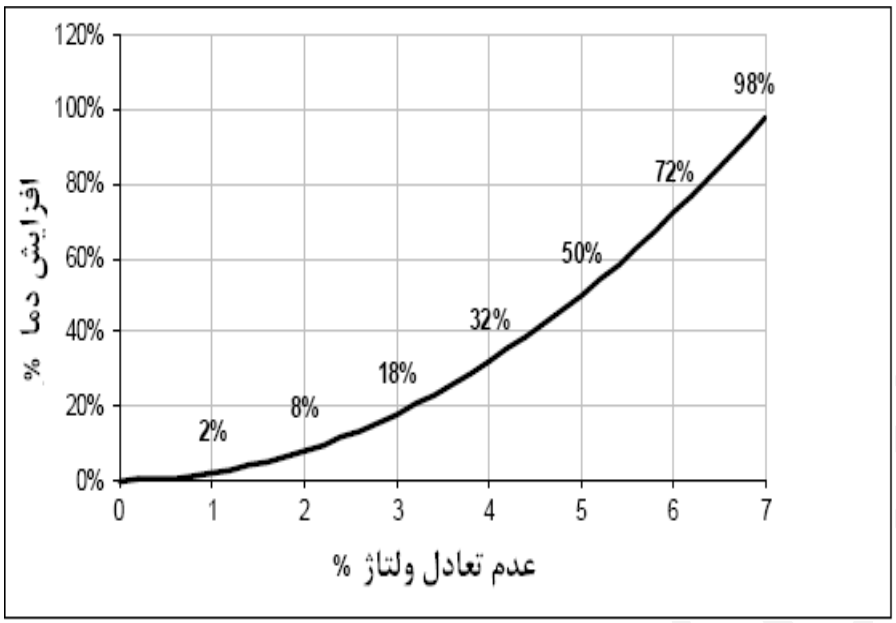
۱- رعایت استانداردهای توسعه و نصب شبکه‌های توزیع در کارخانه‌ها

۲- داشتن یک سیستم زمین مناسب به طوری که سیم نول دارای زمین تکراری باشد، که هم از خطر احتمال قطع شدن سیم نول کاسته شود و هم اینکه با زیاد شدن تعداد زمین‌ها مقاومت کل کم شده و در نتیجه علاوه بر کاهش ولتاژ تماسی، مقدار تلفات در سیم نول نیز کاهش یابد.

۳- متعادل کردن بار فازها با تقسیم بار و مساوی کردن آن‌ها روی سه فاز شبکه کفایت ندارد و اگر ضریب قدرت فازها یکسان نباشد. سیم نول دارای جریان برگشتی بوده و تلفات انرژی به همراه خواهد داشت. لذا تاکید این مورد به جا خواهد بود که در نصب خازن بهترین روش سنجش ضریب توان هر فاز به طور جداگانه خواهد بود که با این سیستم هم افزایش و هم یکسان شدن ضریب قدرت فازهای شبکه تامین می‌گردد.

۴- از احداث شبکه‌ها به صورت تک فاز اجتناب شود. اگر واگذاری انشعاب سه فاز به جای تک فاز از نظر مقررات جاری مقدور نباشد تفهیم این مطلب به کادر طراحی و اجرایی کارخانه‌ها حائز اهمیت است که خطوط سرویس را به صورت سه فاز دایر نمایند و مشترکین مجاور را از جعبه انشعاب سه فاز تامین برق کنند و از احداث خط سرویس‌های تک فاز جداگانه برای هر مشترک اجتناب نمایند.

۵- با نصب متعادل کننده های ولتاژ در محلی از شبکه، نامتعادلی ولتاژها کاهش می یابد. نامتعادلی ولتاژ روی پارامترهای کارکرد موتور تاثیر بسزایی دارد و برای به حداقل رساندن آن، می‌توان از آرایش متناسب و معقول پخش بار سود جست و یا بهترین ایده استفاده از SVC ها جهت جبران هر نوع نامتعادلی در سیستم است. لازم به ذکر است جهت بررسی بیشتر عدم تعادل ولتاژ نیاز به تحلیل نقاط مختلف شبکه و شبیه‌سازی آن می باشد[۹۰].

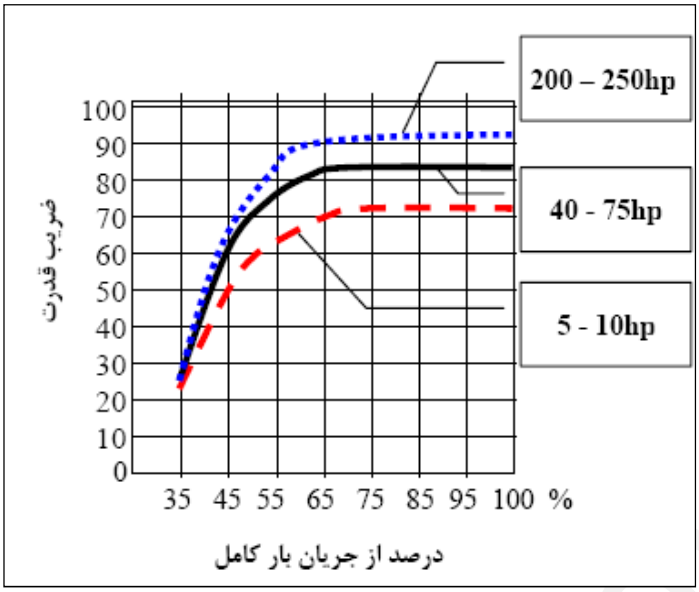


شکل۱۰-۴. افزایش دما با توجه به ولتاژهای نامتعادل

به طور مثال موتوری را با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در نظر بگیرید، در صورتیکه ۲ درصد عدم تعادل ولتاژ داشته باشد، دمای آن ۶/۴ درجه افزایش خواهد یافت.

۱۰-۱-۸. ضریب قدرت

کاهش ضریب قدرت موجب افزایش جریان کابل‌ها، افزایش جریان ترانسفورماتورها، افت ولتاژ و در نتیجه کاهش ظرفیت تغذیه می‌شود[۹۱]. ضریب قدرت پایین ناشی از بار کم در شفت موتور است. در شکل۱۰-۵ منحنی‌های ضریب قدرت برای بارهای مختلف در رنج‌های توانی متفاوت موتورها آمده است. به وضوح مشاهده می‌شود که با کاهش بار موتور، ضریب قدرت کاهش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت[۹۲].



شکل ۱۰-۵. تغییرات ضریب قدرت متناسب با بار موتور

در صورتیکه الکتروموتورها دارای ضریب توان پایینی باشند، باعث افزایش تلفات در خطوط ارتباطی وهمچنین کاهش ظرفیت کابل‌ها و ترانس‌ها خواهد شد. بنابراین با بررسی دقیقتر می‌توان محل‌های مناسبی برای نصب خازن در نقاط مختلف به صورت گروهی پیدا کرد و به این طریق مقدار تلفات داخلی را کاهش داده و همچنین باعث افزایش طول عمر تجهیزات به دلیل تنظیم بهتر ولتاژ دو سر آن‌ها خواهد شد.

۱۰-۱-۹. بررسی ضریب بار

یکی از پارامترهایی که توانایی کارخانه در استفاده بهینه از انرژی الکتریکی را نشان می‌دهد، ضریب بار می‌باشد. بهترین شکل مصرف زمانی رخ می‌دهد که ضریب بار با حفظ تولید، در حالی که انرژی مصرفی کاهش یافته است، به یک نزدیکتر باشد. طبق تعریف، ضریب بار برابر است با انرژی مصرفی در یک دوره زمانی به حاصلضرب ماکزیمم توان مصرفی (دیماند خوانده شده در قبوض) در ساعات کارکرد دوره مذکور و فرمول آن به صورت زیر می‌باشد.

$$Load\ Factor = {Energy\ Consumption}/{(Power\ Demand * Period)}$$

در این رابطه، ضریب بار در یک دوره زمانی بر اساس میزان انرژی مصرفی، دیماند خوانده شده و ساعات کارکرد در آن دوره محاسبه می‌شود[۶۶].

۱۰-۱-۱۰. برنامه ریزی جهت افزایش راندمان ظرفیت

راندمان ظرفیت برابر است با راندمان تولید کارخانه با فرض این که ساعت کارکرد کارخانه به ۲۴ ساعت در

۳۶۵ روز سال افزایش یابد.

دلایل پایین بودن راندمان ظرفیت عبارتند از:

- ✓ پایین بودن راندمان تولید
- ✓ سفارشات ناکافی
- ✓ محدودیت دسترسی به برق
- ✓ ترافیک مصرف بالای برق در ساعت های پیک

از چهار سناریوی مختلف می توان اقدامات لازم جهت بهبود راندمان ظرفیت را بررسی نمود که در ادامه آورده شده اند[۹۳][۹۴].

- **اقدامات لازم در صورت وجود سفارشات کافی**

اقدامات زیر جهت بهبود راندمان ظرفیت توصیه می شود:

- ✓ حذف کلیه گلوگاه های فنی که باعث کاهش ظرفیت می شوند.
- ✓ تغییر ساختار سازمان و نیروی کار به نحوی که با حداکثر ظرفیت کار نمایند. مثلاً افزایش شیفت کار از ۲ شیفت ۱۶ ساعته به سه شیفت ۲۴ ساعته در یک روز و افزایش روز کاری از پنج روز به هفت روز در هفته
- ✓ افزایش راندمان تولید

- **اقدامات لازم در صورت وجود سفارشات ناکافی**

اقدامات زیر جهت بهبود راندمان ظرفیت توصیه می شود:

- ✓ توسعه و تولید محصولات جدید برای مشتریان موجود
- ✓ تولید و فروش محصولات موجود به مشتریان جدید با ارتقای مهارت فروش و بازاریابی برای بازارهای محلی

- **اقدامات لازم برای جستجوی مشتریان جدید در بازارهای صادراتی**

اگر کارخانه مس در جستجوی مشتریان جدید در بازارهای صادراتی باشد، می تواند با ارتقای مهارت در فرآیند با رعایت استانداردهای مورد نیاز مشتریان و بهبود فروش و مهارت بازاریابی به منظور توسعه کسب و کار بین المللی در جهت بهبود راندمان ظرفیت اقدام کند.

تأثیرات نهایی افزایش راندمان ظرفیت عبارتند از:

- ✓ افزایش تولید
- ✓ حداکثر استفاده از سرمایه گذاری های انجام شده در صنعت مس جهت بهره گیری از حداکثر ظرفیت

ممکن و اطمینان از عدم اتلاف هزینه های سرمایه گذاری.

۱۰-۱-۱۰-۱. به ظرفیت رساندن واحدها

معمولا دستگاه ها و تجهیزات مکانیکی، از طریق محرکهای الکتریکی به حرکت در می آیند بطوریکه برای به حرکت آوردن موتورها و بارهای آن (گیربکس، فن، پمپ،...) انرژی الکتریکی صرف می شود .بار موتورها از یک طرف، بار مکانیکی است و از طرف دیگر بار فیزیکی است که توسط قسمت مکانیکی حمل و یا جابجا می شود و بر حسب مورد می تواند گاز، آب ، سیال ، هوا و ... باشد. وقتی موتور به گیربکس متصل است حدود ۴۰٪-۶۰٪ قدرت نامی موتورها صرف آن می شود و از طرفی با زیر بار رفتن فیزیکی گیربکس، بار کمی بر موتور اضافه می شود که مجموعا بار نهائی موتور را تشکیل می دهند[۱۰۷]. بنابراین موقعی موتور کار مفید انجام می دهد که بار فیزیکی که آب، گاز و ... را جابجا کند، زمانی که باری را جابجا نکند مصرف انرژی داریم و لیکن کار مفیدی انجام نداد ه ایم.

بنابراین با نزدیک شدن به ظرفیت نامی به نسبت دورشدن از ظرفیت نامی، انرژی کمتری مصرف میکنیم. در نتیجه بار زیاد به نسبت، انرژی کمتری مصرف می کند و چون در نسبت KWH/T، مقدار KWH مصرفی نسبت به TON تولید کاهش نشان می دهد ، حاصل KWH/T کمتر شده و این به معنی مصرف انرژی کمتر به ازای تولید معین است. با تعمیم این تحلیل برای کلیه دستگاه های یک واحد، ملاحظه میکنیم که با کار کردن با ظرفیت نامی یک واحد به نسبت انرژی کمتری مصرف شده و در واقع بصورت بهینه و مطلوبی از انرژی استفاده نموده، در نتیجه با تولید بیشتری به نسبت مصرف انرژی کمتری داشته ایم .نتیجه اینکه موجب کاهش KWH/T یک واحد می شود و نهایتا موجب صرفه جویی و مصرف بهینه انرژی خواهد شد[۱۰۸].

۱۰-۱-۱۰-۲. اجرای PM

یکی از فاکتورهای حائز اهمیت در بحث بهینه سازی انرژی ، اجرای صحیح و اصولی نگهداری وتعمیرات می باشد. با اجرای مطلوب و دقیق و استاندارد PM می توان از توقفات مورد و غیر موردی جلوگیری نمود .چنانچه نگاهی عمیق به چگونگی وضعیت نگهداری وتعمیرات واحدهای مختلف صنایع بپردازیم، ملاحظه میشود درصد بالائی از توقفات ، ناخواسته و بدون برنامه ریزی بوده است و اگر توقفات را کمی با دقت تحلیل نمائیم مشاهده می شود نگهداری و تعمیرات بجا و اصولی می توانست درصد زیادی از این نوع توقفات راجلوگیری نماید .بنابراین کاهش توقفات به مقدار زیاد یعنی تولید با وضعیت مطلوب و ایده آل .لذا برای اجرای صحیح PM استفاده از داکیومنت ها و دستورالعمل های نگهداری و تعمیرات دستگاهها، این امکان را به ما میدهد که نگهداری با روش صحیح و اصولی انجام گیرد و در هنگام تعمیرات با روش صحیح و استاندارد و نظر سازنده، نسبت به تعمیر و ترمیم و اصلاح یک دستگاه اقدام نمائیم.

۱۰-۱-۱۰-۳. بررسی و کاهش توقفات

بررسی توقفات موردی و غیر موردی و تحلیل و آنالیز آنها در جلوگیری از تکرار آن و تشخیص صحیح و بموقع آنها مفید است .وقتی توقفات یک مجتمع بررسی دقیق گردد، مشاهده می شود درصد زیادی از توقفات بی مورد و تقریبا تکراری هستند .بطوریکه با شناخت قبلی و کامل و دقیق از علت ایجاد عیوب دریک دستگاه یا سیستم می توانستیم از تکرار آن جلوگیری نمائیم و حتی برخی از مواقع علت یابی و ریشه یابی ایجاد آن اشکال انجام نمی گیرد و یا بصورت صحیح علت یابی نمی شود و موجب توقف مجدد دستگاه و درنتیجه Stop آن واحد می شود که در نهایت موجب مصرف بیهوده انرژی و عوارض و مشکلات ناشی از آن خواهد شد .این موضوع افزایش مصرف انرژی و KWH/T آن واحد را در پی خواهد داشت.

لازم به توضیح است که در برخی از موارد، قوانین و دستوالعملهای دست و پا گیر برخی از وزارتخانه های ذیربط نیز امکان اجرای برخی از این اقدامات را، از صنایع و کارخانجات سلب می کند . ضمنا فاکتورهای دیگری هم وجود دارند که تاثیر آنها کمتر است و لیکن در جای خود مهم و اثر گذار هستند .با بررسی دقیقتر مشخص می شود که این عوامل نقش مهمی در امر بهینه سازی و صرفه جوئی دارند . نظیر نظافت و سرویس ظاهری دستگاهها و تجهیزات الکتریکی و مکانیکی و پروسسی واحدها، زیرا عدم نظافت صحیح و به موقع ظاهری آنها موجب کاهش در راندما ن آنها تا حدود ۴۰٪ می شود[۱۰۸].

دومین فاکتور مهم در کاهش KWH/T صنایع ، تقلیل توقفات است که این توقفات به دوشکل برنامه ریزی شده و برنامه ریزی نشده می باشد .از آنجائیکه هر توقف موردی و غیرموردی با قطع تولید همراه است و از طرفی اینگونه توقفات بویژه شکل غیرموردی آن معمولا از چند دقیقه تا چندین ساعت به طول می انجامد که در طی این مدت، تمام دستگاهها و تجهیزات الکتریکی Stop نمی شوند و فقط محرکهای اصلی از مدارخارج می شوند، بنابراین درصد بالائی از دستگاههای الکتریکی که Stop نشده اند، انرژی مصرف می کنند، بدون آنکه تولیدی داشته باشیم نیز در توقفات موردی با توجه به توقف تقریبی دستگاه ها و تجهیزات اصلی یک واحد ، باز هم تعدادی زیادی از دستگاهها را بعلت ضرورت و نیاز تولید ، نمی توان STOP داد اما توقفات برنامه ریزی نشده دارای عوارض و مشکلات بیشتری نسبت به توقفات برنامه ریزی شده کوتاه مدت هستند که افزایش KWH/T یک عامل مستقیم و کم هزینه می باشد زیرا خسارت غیرمستقیم توقفات این چنینی خیلی بیشتر از خسارات مستقیم آن است . استهلاک زودرس، امکان خرابی، بروز عیب در اجزا یک تجهیز به اشکال مختلف و آماده نبودن لوازم یدکی و تجهیزات و ابزار مورد نیاز جهت رفع عیب و ... درنهایت موجب افزایش توقف و مصرف انرژی بیهوده می شوند، در حالیکه در توقفات برنامه ریزی شده، معمولا سعی می شود اکثر دستگاههای غیر ضروری Stop شوند تا مصرف انرژی کاهش یابد . بنابراین کاهش توقفات ، بویژ ه توقفا ت برنامه ریزی نشده ، می تواند درکاهش مصرف انرژی بیهوده موثر باشد و در نهایت موجب کاهش در نسبت KWH/T شود.

۱۰-۱-۱۰-۴. تدوین برنامه منظم تعمیر و نگهداری تجهیزات فرآیندی و تأسیسات گرمایش و سرمایشی

یکی از مهمترین راهکارهای کاهش مصرف پیشگیرانه کم هزینه، اعمال برنامه تعمیر و نگهداری منظم برای تجهیزات موجود در کارخانه است. قسمت عمده ای از تلفات انرژی در تجهیزات به دلیل اشکالاتی است که به مرور زمان در عملکرد آن ها ایجاد شده است. بسیاری از مشکلات موجود با اعمال برنامه تعمیر و نگهداری منظم به سادگی قابل رفع می‌باشد.

فعالیت های نگهداری و تعمیرات انواع تجهیزات موجود در هر واحد تولیدی و خدماتی باید در چهارچوب یک نظام کامل، جامع و مناسب که به صورت نرم‌افزار و یا مدون توسط کارشناسان و صاحب‌نظران طراحی سیستم تهیه شده است، به مرحله اجرا درآید.

در مورد سیستم تعمیرات و نگهداری، تعمیرات و نگهداری اصلاح گرایانه[۳۶]، پیشگیرانه[۳۷] و پیشگویانه[۳۸] از رایج‌ترین انواع سیستم های تعمیرات هستند که در ادامه به توضیح آن ها پرداخته شده است. این روش ها پس از طراحی تجهیز و معمولاً براساس نظر و تصمیم کارشناسان و متولیان امور نگهداری و تعمیرات، با توجه به توان فنی-مهندسی و منابع موجود، نوع سرویس، اهمیت دستگاه و برنامه‌های مدیریت، انتخاب و پیاده‌سازی می‌شوند.

- سیستم تعمیر و نگهداری اصلاح گرایانه

در این استراتژی به تجهیزات اجازه داده می شود که تا زمانی که دچار ایراد و خرابی نشده اند، به کار خود ادامه داده و فقط زمانی به تعمیر آن اقدام می شود که خرابی رخدهد.

معایب این شیوه نگهداری عبارتند از:

- ✓ احتمال وقوع خسارت های ثانویه به سایر تجهیزات
- ✓ افزایش تلفات حامل های انرژی
- ✓ افزایش خرابی
- ✓ تعمیر و نگهداری بدون برنامه ریزی قبلی

اتخاذ این روش نگهداری در مواقعی امکان پذیر است که توقف های بدون برنامه ریزی باعث بروز مشکلات نشود، به علاوه قیمت تجهیزاتی که به این روش نگهداری می‌شوند زیاد نبوده و زمان تعمیرات آنها نیز کم باشد.

- سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه

این گونه سیستم تعمیر و نگهداری با هدف جلوگیری از توقفات بدون برنامه و خراب شدن ناگهانی تجهیزات که باعث نیاز به تعمیرات اصلاحی می گردد، صورت می گیرد. در واقع در این نوع سیستم بازرسی تجهیز پس از

[36] Corrective or Breakdown Maintenance
[37] Preventive Maintenance
[38] Predictive Maintenance

بازه زمانی ارائه شده از طرف سازنده و با توجه به زمان انقضای تجهیز[۳۹] مورد توجه قرار می‌گیرد.

در سیستم تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، بازرسی و تعمیر تجهیز بر اساس احتمال تخریب در زمان های مختلف برنامه‌ریزی می‌شود. نکته مشترک برنامه‌های تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، ارائه برنامه زمانی مشخص برای تعمیرات و نگهداری است. مهمترین اشکال این نوع سیستم تعمیر و نگهداری نیز عدم در نظر گرفتن تأثیر پارامترهای مختلف عملیاتی در تنظیم برنامه زمانی مورد نظر و لذا احتمال ایجاد مشکل قبل از رسیدن زمان پیش بینی شده در برنامه است. این در حالی است که هزینه تعمیر پس از تخریب، حدود سه برابر بیش از تعمیر برنامه ریزی شده قبل از تخریب است.

- سیستم تعمیر و نگهداری پیشگویانه

این سیستم تعمیر و نگهداری بر مبنای مانیتورینگ سیستم برای آشکار شدن اشکالات اولیه سیستم و ممانعت از ایجاد اشکالات اساسی است. این سیستم با بهره گیری از اطلاعات حاصل از مانیتورینگ منظم شرایط واقعی، راندمان عملیاتی و سایر پارامترهای بیانگر کارایی یک تجهیز، به تعیین حداکثر بازه زمانی مطمئن بین تعمیرات می‌پردازد. در این روش ضمن حداقل شدن هزینه مربوط به تعمیر و نگهداری، حداکثر قابلیت اطمینان از عملکرد صحیح و بهینه سیستم فراهم می گردد. در این حالت از آنجا که پیشگیری از هرگونه اشکال در سیستم بر مبنای اطلاع از شرایط واقعی صورت می گیرد، مانیتورینگ صحیح و دقیق از مهمترین ابزارهای لازم برای تعمیرات پیشگویانه است. مهمترین حسن این نوع سیستم تعمیر و نگهداری، عیب یابی سریع تجهیزات مختلف است و بدیهی است که اگر تعمیرات مکانیکی در همان مراحل اولیه بروز عیب در تجهیز صورت گیرد، هزینه آن به مراتب کمتر از تعمیر اساسی یک تجهیز خراب است[۱۰۴][۱۰۵].

۱۰-۱-۱۱. اجرای مدیریت بار

مدیریت بار به معنی تغییر و بهینه سازی مصرف انرژی با حفظ سطح تولید می باشد. بنابراین کنترل رشد بار، تغییر شکل منحنی بار، صرفه جویی در مصرف برق و استفاده از منابع اختصاصی (مثل استفاده از دیزل) همگی در این مقوله می گنجد. راه‌های مختلفی جهت اصلاح منحنی بار وجود دارند. که از آن جمله می توان به پیک سایی، پر کردن دره ها و انتقال بار اشاره نمود.

با توجه به رشد سالیانه حداقل 7% مصرف برق در کشور، اعمال مدیریت مصرف پیامدهای ارزنده و مفیدی برای بخش انرژی و نیروگاههای کشور شامل کاهش سرمایه گذاری ، کنترل بار در ساعات پیک، افزایش ضریب بار، بهبود پایداری شبکه، تأمین خواستها و جلب رضایت مشترکین وایجاد جلب زمینه مساعد برای رسیدن به قیمت واقعی فروش برق را به همراه خواهد داشت.

[39] .Mean-Time-to-Failure (MTTF)

تعداد صنایع کانیهای غیر فلزی ، لاستیک ، کاغذ ، فولاد و مس، 100 کارخانه و برآورد صرفه جوئی معادل 100هزار بشکه معادل نفت خام و 10 نیروگاه جدید است.

۱۰-۲. راهکارهای کم هزینه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور

راهکارهای کم هزینه بیشتر راهکارهایی را در بر می‌گیرد که نیاز به ایجاد تغییراتی در سیستم داشته اما هزینه اجرای آن ها کم می باشد. این راهکارها در ادامه توضیح داده شده اند.

۱۰-۲-۱. استفاده از فناوری‌های جدید اکتشافی

اجرای بهینه مطالعات اکتشافی، ایجاد بستر مناسب جهت استفاده از فرصت‌های جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی، ارائه مسیری روشن و برنامه‌ای مدون جهت هدایت فعالیت‌های اکتشافی، فراهم کردن ابزاری قابل اعتماد در تصمیم‌گیری‌های کلان شرکت و ایجاد بستری مناسب جهت اجرای فعالیت‌های اکتشافی با رویکرد حفظ محیط زیست از دیگر الزامات بهینه‌سازی در امور اکتشافی شرکت مس است.

مطالعات کارشناسی در سراسر جهان نشان می‌دهد که روند تولید در معادن در آینده (صرف نظر از نوع ماده معدنی) به مشکلات نسبتا جدیدی برخورد خواهد کرد، این مشکلات سبب اثرگذاری منفی بر تولید معادن دنیا می‌شود که معمولاً تحقق پیش بینی ها در خصوص تولید را با تردید همراه می سازند.

کم شدن عیار متوسط مس در معادن، کاهش احتمال کشف معادن بزرگ، افزایش ریسکهای اجرائی معدنکاری با عمیق شدن معادن، حد استخراج روباز و زیر زمینی، کاهش احتمال اکتشاف معادن با عیار بالا، کمبود آب، حوادث و بلایای طبیعی و مشکلات اجتماعی و منطقه ای را از جمله دلایل و ضرورت‌های بهینه‌سازی در امور اکتشافی صنعت مس می توان برشمرد.

۱۰-۲-۱-۱. ژئوشیمی اکتشافی

احتمال ثبت نشدن آنومالی‌هایی از عناصر در مناطق تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی همواره از دغدغه‌های عمده کارشناسان مربوطه بوده است و جهت ثبت کردن کلیه آنومالی‌ها هر چند کوچک در مناطق اکتشافی روش‌های زیادی در چند دهه گذشته مورد آزمایش و اجرا شده است. از جمله این روش‌ها که البته چندان هم جدید نیست ولی در کشور ما هنوز هم در برخی از پروژه‌های ژئوشیمیایی بدان توجه نمی‌شود انتخاب مناسب‌ترین اندازه دانه‌های خاک و یا نمونه خردایش شده است که عنصر و یا عناصر معدنی مورد نظر در آن سایز بیشترین تمرکز را دارا هستند (Orientation Survey) با این روش و مشخص کردن سایز بهینه باعث می‌شود که آنومالی‌های احتمالی موجود در ناحیه به نحو بارزتری نمایان شوند.

کارآیی این روش‌ها نسبت به روش‌های معمول اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده‌هایی که آثار عناصر معدنی

و غلظت آنها در خاک سطحی ناچیز بوده است بسیار بیشتر بوده و آنومالی‌های حاصله کشف معادن جدیدی را سبب شده‌اند. ذیلا به چند روش جداسازی اشاره می‌شود[۷۵]:

۱- روش Gold – BLEG Bulk Leach Extractable

۲- روش Leach Enzyme

۳- روش Extraction – MMI Mobile Metal Ion

۴- روش ژئوشیمی آب (Geochemistry Aqueous)

۱۰-۲-۱-۲. تازه‌های اکتشافات ژئوفیزیکی

همان‌طور که می‌دانیم ژئوفیزیک اکتشافی شامل پنج روش اصلی الکتریکی ـ مغناطیس‌سنجی، رادیومتری، گراویمتری و لرزه‌نگاری است که هر یک از این روش‌ها به‌صورت مستقل و یا همراه با دیگر روش‌ها جهت اکتشاف ذخایر معدنی و حوضه‌های نفت و گاز کاربرد دارند، در سال‌های اخیر شرکت‌های سازنده تجهیزات ژئوفیزیکی همواره در جهت ساخت دستگاه‌های فرستنده که توان انتشار قوی‌تر و کنترل شده امواج به زمین را دارا باشند و گیرنده‌هایی که توان ثبت واقعی‌تر داده‌های برگشتی از زمین را داشته باشند تلاش کرده‌اند و کارشناسان ژئوفیزیک در سه بخش ارتقای تکنولوژی دستگاه‌ها، بهینه کردن روش‌های اندازه‌گیری هوایی و زمینی و همچنین کامل‌تر کردن نرم‌افزارهای مربوطه به‌منظور واقعی‌تر کردن محل، شکل و ابعاد آنومالی‌های کشف شده تلاش می‌کنند. در اینجا به چند مورد جدید و کاربردی اشاره می‌شود[۷۵].

۱- روش اندازه‌گیری- Titan

۲- روش E-scan Surveys

۳- دستگاه های جدید مگنتومتر

۴- D EM-IP Modeling and Imaging System

۵- روش‌های لرزه‌نگاری (Seismic)

۶- روش اندازه‌گیری همزمان مولفه‌های میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی

۱۰-۲-۲. بهبود عملکرد الکترو موتورها و سیستم‌های مرتبط

در تمام بخش‌های صنعتی، برق از مهمترین منابع انرژی به شمار می‌رود و از آنجا که یکی از مصرف‌کنندگان عمده انرژی الکتریکی در کارخانجات صنعتی، موتورهای الکتریکی می‌باشند، لذا بهینه‌سازی مصرف انرژی در آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به ترازنامه سال ۱۳۸۳، میانگین وزنی سهم الکتروموتورها در کل کشور

در حدود ۶۴/۵ درصد می‌باشد[۹۵].

اقدامات مختلفی برای صرفه‌جویی انرژی الکتریکی در الکتروموتورهای صنعتی، به عمل می‌آید. برخی از این اقدامات مربوط به مرحله طراحی بوده که در هنگام خرید تجهیزات مورد توجه قرار می‌گیرند و برخی دیگر باید در هنگام بهره‌برداری به انجام برسند. اقداماتی نظیر تهویه مناسب، روغن‌کاری، بارگذاری مناسب و استفاده از درایوهای کنترل سرعت در هنگام بهره‌برداری باعث بهبود عملکرد تجهیزات الکتریکی موتوری خواهد شد.

از آنجایی که یک موتور الکتریکی با دیگر اجزا سیستم قدرت در ارتباط بوده و عملکرد آن وابسته به کیفیت توان شبکه است، لذا در ادامه به بررسی برخی پارامترهای مؤثر در کیفیت توان و کارکرد موتور پرداخته می‌شود:

- **هرزگردی موتورها**

بیشترین صرفه‌جویی را می‌توان با خاموش کردن موتورهای بی بار و در نتیجه حذف تلفات بی باری بدست آورد. روشی ساده آن در عمل نظارت دایم یا کنترل اتوماتیک است. اغلب به مصرف برق در بی باری اهمیت چندانی داده نمی‌شود در حالیکه غالباً جریان در بی باری حدود جریان در بار کامل است.

- **موتورهایی که مجدداً پیچیده می‌شوند**

بازده موتورهایی که برای بار دوم پیچیده می‌شوند بین ۳٪ تا ۷٪ کاهش می‌یابد که مقدار کاهش بستگی به چگونگی سیم‌پیچی دارد. یک روش ساده برای ارزیابی کیفیت موتور پیچیده شده مقایسه جریان بی باری موتور می‌باشد. این مقدار در موتورهایی که بخوبی پیچیده نمی‌شوند افزایش می‌یابد. بررسی روشی که در کارگاه سیم‌پیچی استفاده می‌شود نیز می‌تواند کیفیت کار را مشخص کند. بنابراین در مورد برخی موتورها که راندمان آن‌ها بعد از سیم‌پیچی مجدد کاهش می‌یابد. می‌توان از موتورهای راندمان بالا استفاده کرد.

در مورد سیم‌پیچی مجدد موتورها نکات زیر را جهت بهبود کیفیت و راندمان باید مورد توجه قرار داد: وقتی موتوری را برای پیچیدن مجدد باز می‌کنند عایق بین ورقه‌ها خراب می‌شود و باعث افزایش تلفات جریان گردابی می‌گردد مگر این‌که باز کردن (سوزاندن) عایق در کوره ای با دمای قابل تنظیم انجام گیرد و ورقه‌های عایق غیر آلی جایگزین گردد.

گداختن و سوزاندن سیم‌پیچ کهنه (خراب شده) در دمای کنترل نشده یا استفاده از یک مشعل دستی برای نرم کردن و خرد کردن لاک بین سیم‌ها به منظور باز کردن آسان‌تر سیم‌پیچ به این معنی است که کار در این کارگاه بخوبی انجام نمی‌شود و باید به کارگاه دیگری برای پیچیدن موتور مراجعه نمود.

اگر در نتیجه باز کردن و سوزاندن نامناسب تلفات هسته افزایش یابد موتور در دمای بیشتری کار می‌کند و زودتر از موعد خراب می‌شود.

اگر تعداد دورهای سیم‌پیچ در استاتور کاهش یابد تلفات هسته استاتور افزایش می‌یابد این تلفات در نتیجه جریان نشتی (هارمونیک) القا شده توسط جریان بار به وجود می‌آید و اندازه آن برابر با توان دوم جریان بار است.

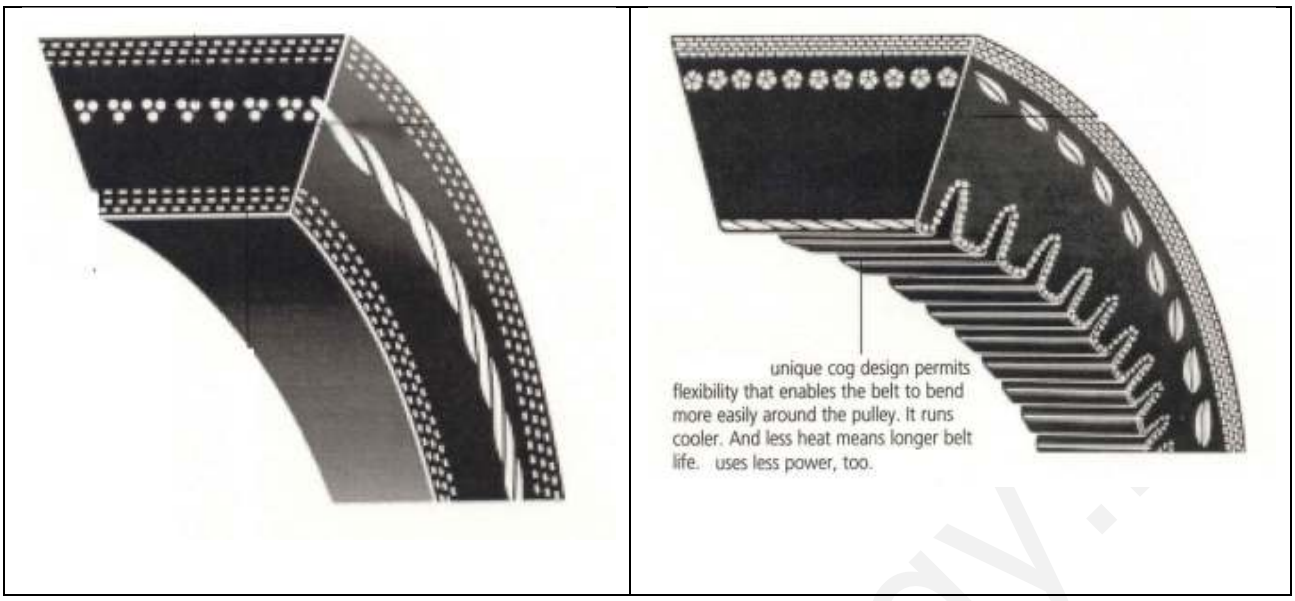
در پیچیدن موتور اگر از سیم‌های با قطر کوچکتر استفاده شود مقاومت و در نتیجه تلفات RI^2 افزایش می‌یابد[۹۵].

۱۰-۲-۳. استفاده از تسمه های cogged – belt و synchronus-belt بجای تسمه های flat-belt و v-belt در الکتروموتورها

تسمه های v-belt در زمان نصب بازدهی برابر با ۹۵٪ تا ۹۸٪ دارند. این تسمه ها به دلیل لغزش روی پولی حدود ۵٪ کاهش راندمان خواهند داشت. و راندمان این تسمه تا حدود ۹۳٪ خواهد رسید.

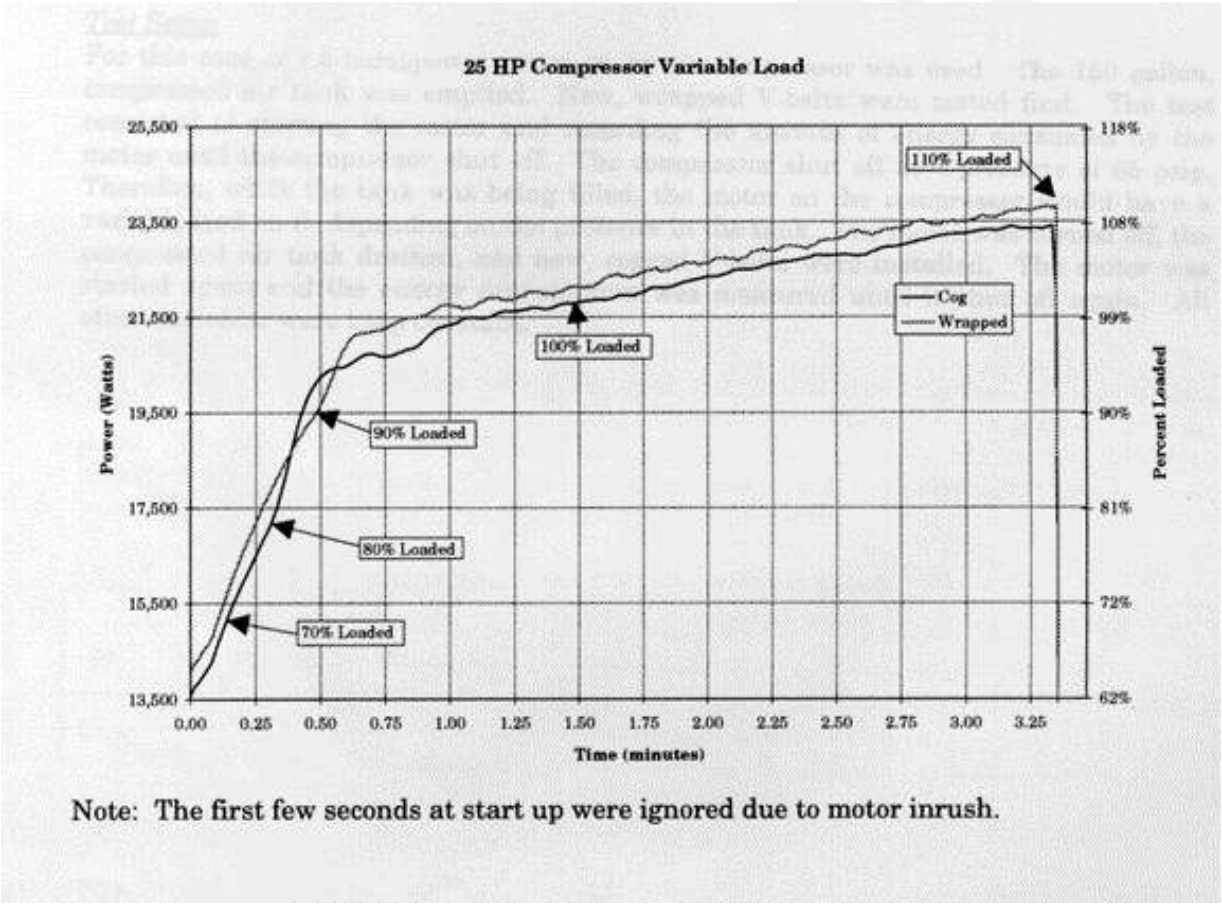
تسمه های cogged دارای دندانه هایی می باشند که باعث افزایش راندمان تا حدود ۲ درصد نسبت به تسمه های v-belt و flat-belt می شوند. این دندانه ها باعث کاهش مقاومت خم شدگی تسمه می شوند و در حرارت کمتری کار می کنند و طول عمر بیشتری دارند. همچنین تسمه های سنکرون علاوه بر دارا بودن دندانه های روی تسمه، یک سری شیارهایی روی خود پولی وجود دارد که باعث افزایش راندمان می شود و از لیز خوردگی تسمه روی موتور جلوگیری می کند. ویژگی های این تسمه ها کم بودن تعمیر و نگهداری آنها می باشد. ولی تنها عیب آنها این است که تمام لغزش ها را به بار انتقال می دهند.

بنابراین تسمه های سنکرون پر بازده ترین نوع تسمه ها می باشند. اما برای بارهایی که دارای لغزش می باشند یعنی شوک در بار ایجاد می شود بهتر است از تسمه های cogged استفاده شود.شکل ۱۰-۶ نمونه ای از این تسمه ها را نشان می‌دهد.



Standard and cogged V-belts. Source: Dayco CPT, www.cptbelts.com

شکل۱۰-۶. نمونه ای از تسمه های flat-belt و cogged [۹۶]



شکل۱۰-۷. منحنی مصرف توان یک موتور با دو نوع تسمه flat-belt و cogged در بارهای مختلف[۹۷]

جهت بررسی تأثیر کارکرد تسمه های راندمان بالا در کاهش مصرف انرژی الکتریکی به مثال زیر توجه کنید.

در یک موتور ۱۰۰ hp که با تسمه های v-belt و راندمان ۹۳ درصد در ۷۵ درصد بار نامی کار می کند و میزان مصرف انرژی الکتریکی سالیانه آن برابر با ۵۲۷۰۰۰ کیلو وات ساعت می باشد در صورت استفاده از تسمه های سنکرون (با راندمان ۹۸ درصد) میزان صرفه جویی انرژی الکتریکی سالیانه به شرح زیر خواهد بود.

صرفه‌جویی انرژی الکتریکی = (مصرف انرژی سالیانه) × $(1 - \frac{E_1}{E_2})$ = ۵۲۷۰۰۰ (kWh/year) × $(1 - \frac{۹۳}{۹۸})$ = ۲۶۸۸۸ (kWh/year)

با فرض هزینه هر کیلووات ساعت برابر ۴۳۰ ریال مقدار صرفه‌جویی هزینه برابر است با:

صرفه‌جویی هزینه = ۲۶۸۸۸ × ۴۳۰ (Rials/kwh) = ۱۱،۵۶۱،۸۴۰ (Rials/year)

به عنوان نمونه میکسرهای موجود در سلولهای فلوتاسیون از طریق تمسه با موتور خود در ارتباط می‌باشند. لذا توصیه می‌شود، این تسمه ها با تسمه های راندمان بالا تعویض شوند. بنابراین واحد مدیریت انرژی کارخانه باید طی بازدید و بازبینی از وضعیت تسمه های کلیه الکتروموتورهای موجود کارخانه (به ویژه موتورهای توان بالا) و با توجه به روش فوق و در نظر گرفتن هزینه ها پیشنهادات و توجیه پذیری جهت تعویض تسمه ها به مدیریت کارخانه ارائه دهد.

۱۰-۲-۴. بهبود کیفیت توان

کیفیت توان تأثیر زیادی در بهبود یا اتلاف انرژی دارد. از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد[۹۸]:

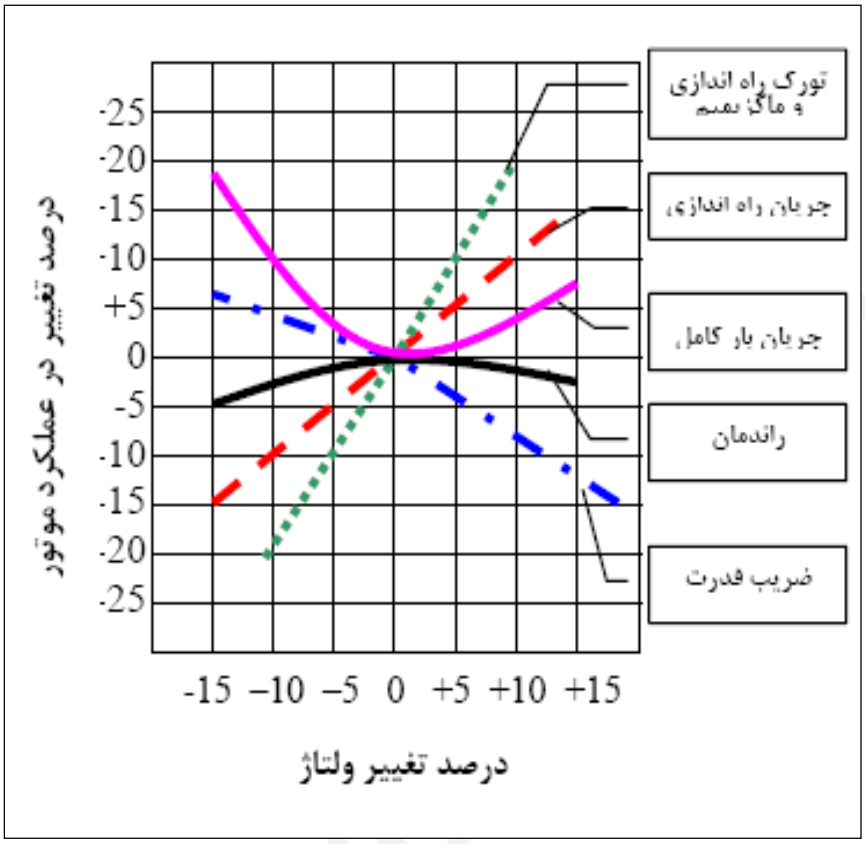
- ✓ نامتعادلی ولتاژ
- ✓ افت ولتاژ
- ✓ سیستم ارتینگ ناقص
- ✓ هارمونیک

۱۰-۲-۵. ولتاژ مناسب شبکه

ولتاژ اعمال شده به ترمینال باید در حد امکان نزدیک به ولتاژ کار موتور باشد. تغییرات ولتاژ درحدود ۵٪+ الی ۱۰٪- مجاز می‌باشد (شکل ۱۰-۸). تغییر ولتاژ اعمال شده در الکتروموتورها اثرات زیر را به همراه خواهد داشت[۹۸].

- ✓ افت ضریب قدرت
- ✓ کاهش عمر مفید موتور

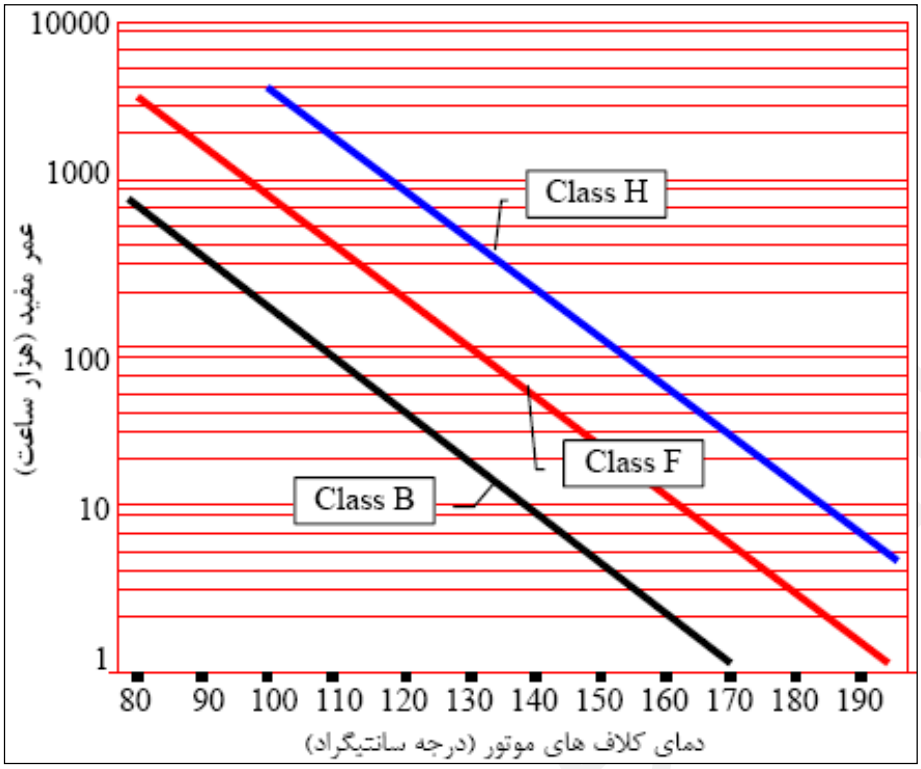
- ✓ کاهش راندمان موتور



شکل ۱۰-۸. اثرات تغییرات ولتاژ بر عملکرد الکتروموتورها

همانگونه که در شکل فوق مشخص است، با تغییر ۵٪ در ولتاژ القایی، راندمان موتور بین ۲ تا ۴ درصد کاهش خواهد داشت.

همچنین تحقیقات نشان داده است که با تغییر ۵٪ در ولتاژ، دمای موتور حدود ۱۵ درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت که با توجه به شکل ۱۰-۹ این افزایش دما موجب افزایش دمای عایق و در نتیجه کاهش عمر الکتروموتور خواهد شد.



شکل ۱۰-۹. ارتباط تغییرات مربوط به افزایش دما با عمر عایق

۱۰-۲-۶. تقارن الکتریکی سه فاز

در یک سیستم سه فاز متقارن، ولتاژ هر یک از فازها از لحاظ اندازه با یکدیگر برابر بوده و ۱۲۰ درجه اختلاف فاز دارند. فاکتورهای بسیاری در تعادل الکتریکی فازها تأثیرگذار می‌باشد، از جمله بارهای تکفاز، متفاوت بودن سایز کابل‌ها در هر یک از فازها، یا بروز خطای تک فاز، عدم تقارن فازها باعث افزایش تلفات سیستم توزیع و کاهش راندمان موتورها می‌شود. علاوه بر این، بسیاری از موتورهای جدید حساسیت بیشتری نسبت به عدم تقارن ولتاژ دارند. مهمترین تأثیر این پدیده بر روی موتورهای الکتریکی، آسیب دیدن موتور به علت افزایش دما و در نتیجه شکست عایقی می‌باشد، چرا که عدم تقارن ولتاژ می‌تواند جریان‌های نامتقارنی ۶ تا ۱۰ برابر ولتاژ به وجود آورد. معیار سنجش تعادل ولتاژ در یک سیستم سه فاز که توسط استاندارد NEMA[۴۰] تعریف شده است، درصد عدم تعادل ولتاژ[۴۱] نام داشته و حداکثر مقدار مجاز آن یک درصد می‌باشد.

$$\%\, V_{unbalance} = \left[\frac{|V_{ave} - V_{max}|}{V_{ave}}\right] * 100\%$$

در رابطه ارائه شده، V_{ave} متوسط ولتاژ سه فاز و V_{max} ولتاژ فازی است که بیشترین اختلاف را با متوسط ولتاژ سه فاز دارد. درصد افزایش دمای ناشی از ولتاژهای نامتعادل به طور تقریبی توسط رابطه زیر به دست

[40]- National Electrical Manufacturers Association
[41]- Voltage Unbalance Percent

می‌آید، که نمودار شکل۱۰-۱۰ نیز به همین موضوع اشاره دارد[۹۹]

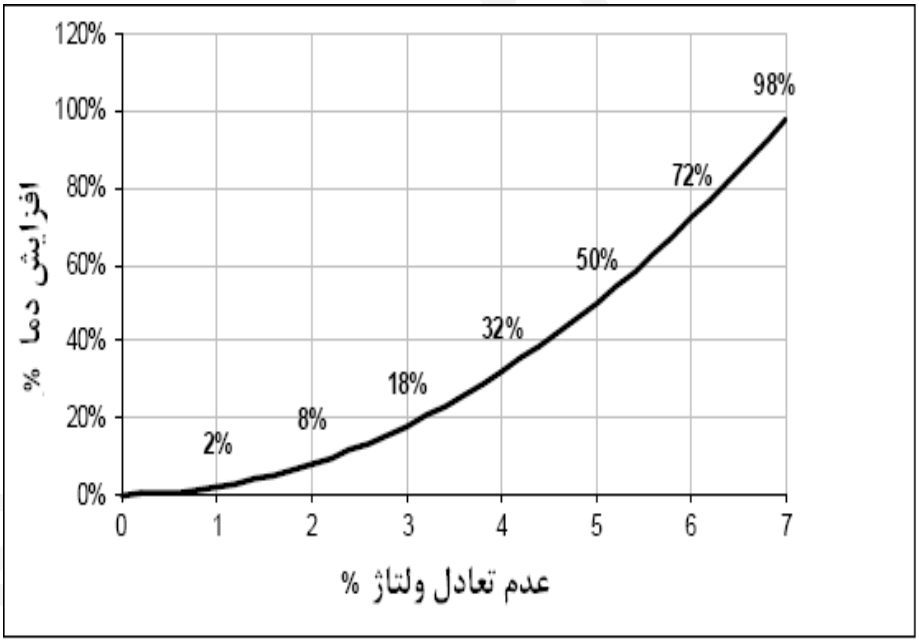
$$\text{درصد افزایش دما} = 2 * (\%\, V_{unbalance})^2$$

با توجه به استاندارد درصد نامتعادلی ولتاژ که ۲ درصد می‌باشد[۱۰۰] لذا نامتعادلی ولتاژ در حد مجاز می‌باشد. لازم به ذکر است که بررسی شبکه الکتریکی از دیدگاه کیفیت توان بر اساس استانداردهای معتبر نیاز به تحلیل و بررسی مفصل‌تری دارد که در مقوله این پروژه نمی‌گنجد و لازم به تعریف یک پروژه کامل در زمینه کیفیت توان می‌باشد.

$$Vmax = 231\, Volt$$

$$Vavg(measur) = 227\, Volt$$

$$\%\, V_{unbalance} = \left[\frac{|V_{ave} - V_{max}|}{V_{ave}}\right] * 100\% = 1.8\%$$



شکل۱۰-۱۰. افزایش دما با توجه به ولتاژهای نامتعادل

به طور مثال موتوری را با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در نظر بگیرید، درصورتیکه ۲ درصد عدم تعادل ولتاژ داشته باشد، دمای آن ۶/۴ درجه سانتیگراد افزایش پیدا خواهد کرد.

۱۰-۲-۷. افزایش بازدهی الکتروموتورها با اجرای برنامه تعمیرات و نگهداری

- ✓ تلفات مکانیکی موتورها بستگی به شرایط نگهداری آنها دارد.
- ✓ با نگهداری و سرویس به موقع موتورها و اجرای برنامه‌های PM میزان تلفات به حداقل می‌رسد.
- ✓ تلفات مکانیکی در موتورها موجب افزایش درجه حرارت سیم‌پیچ‌ها و کوتاهی عمر آنها می‌شود.
- ✓ مناسب بودن سیستم خنک‌کننده موتورها تأثیر زیادی در کاهش درجه حرارت سیم پیچ موتورها دارد.

در بسیاری از موارد به علت عدم نگهداری صحیح موتورها و افزایش درجه حرارت بدنه آنها به جای رفع اشکال، به تعویض و جایگزینی آن با موتور بزرگتر پرداخته می‌شود. این امر باعث افزایش هزینه‌های مربوطه در خرید موتور جدید و همچنین اتلاف انرژی خواهد شد. مواردی که در نگهداری موتورهای الکتریکی دارای اهمیت بوده و در بازدیدهای برنامه ریزی شده بررسی می‌شوند، عبارتند از:

- ✓ تمیز بودن بدنه موتور و دریچه‌های سیستم تهویه
- ✓ روغنکاری قسمت‌های متحرک موتور
- ✓ محکم بودن اتصالات مکانیکی[۴۲]
- ✓ بررسی تعادل ولتاژهای سه فاز
- ✓ تهیه چک لیست برای موتورهای بازدید شده

بطور خلاصه عوامل موثر در بهره‌برداری از موتور که منجر به افزایش بازدهی آنها می‌شود اشاره شده است. جدول ۱۰-۱۳ خلاصه ای از عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی آورده شده است [۱۰۱].

جدول ۱۰-۱۳. عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی

شرایط کارکرد موتور		توضیحات
وابسته به شرایط بار گذاری موتور	بار کامل	بازدهی موتور عموماً در صورتی حداکثر خواهد بود که بار موتور در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ درصد بار نامی شود.
	بار ثابت	برای جلوگیری از هر گونه تغییر سرعت موتور
	سرعت	تغییر سرعت در صورت لزوم باید توسط کنترل کننده‌های دور موتور(درایوها) انجام گیرد.
	ولتاژ ثابت	برای جلوگیری از کاهش گشتاور موتور
وابسته به شرایط نگهداری موتور	تهویه	برای اطمینان یافتن از عدم افزایش دمای موتور از حد مجاز و برخورداری از عمر مفید مورد نظر
	روغن کاری	برای جلوگیری از اعمال بار اضافی (مجازی) بر محور موتور ناشی از افزایش اصطکاک

[42]- Couplings

در ادامه در جدول ۱۰-۱۴ یک لیست پیشنهادی جهت زمانبندی بازرسی موتورها ارائه شده است که می‌تواند توسط کارخانجات مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱۰-۱۴. لیست پیشنهادی برنامه زمانبندی بازبینی موتورها

شرح کار	پیشنهادات	بازدید
هم راستایی اتصالات	بازدید محل اتصالات از نظر تجمع ذرات آهن و شنیده شدن صدای غیرعادی	هفتگی
وضعیت موتور	بررسی میزان دما و لرزش موتور	هر سه ماه
تمیزکاری	پاک کردن بدنه موتورها به منظور بهبود فرآیند خنک سازی	هر سه ماه
روغنکاری	بررسی بلبرینگ‌ها از لحاظ روغنکاری طبق دستور سازنده	سالیانه (یا بر اساس زمان کارکرد)
بررسی محل نصب موتورها	محکم کردن موتورها در محل آنها	سالیانه
بررسی ترمینال ورودی موتورها	محکم کردن اتصالات الکتریکی	سالیانه
بررسی تعادل الکتریکی سه فاز	برطرف کردن مشکل عدم تعادل فازها در صورتی که از ۱٪ بیشتر باشد	سالیانه
بررسی ولتاژ ورودی موتورها	بهبود ولتاژ ورودی در صورتیکه تفاوت زیادی با مقادیر طراحی داشته باشد	سالیانه

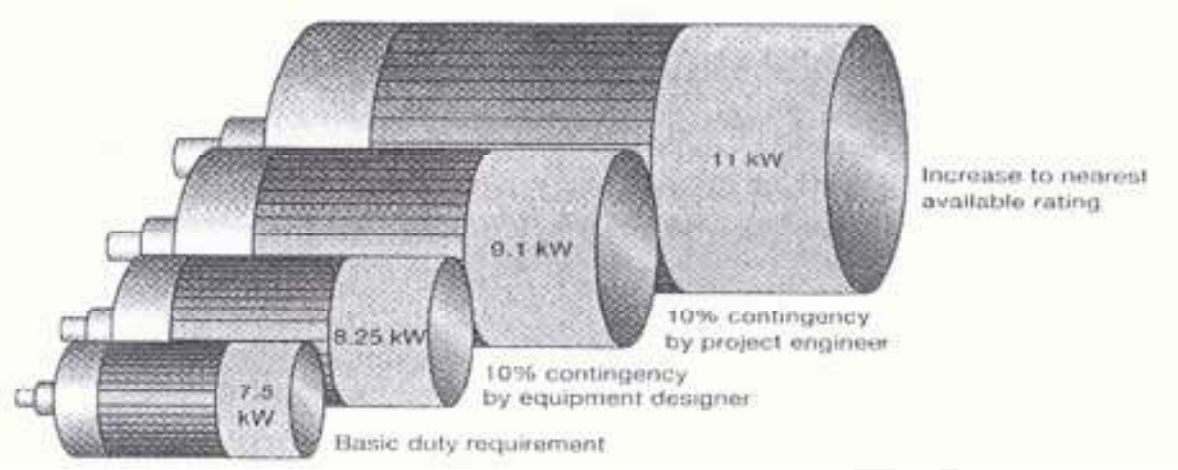
همانطور که مشاهده می‌شود مجموعه اقدامات ساده فوق، خصوصاً اقداماتی که به عوامل وابسته به شرایط نگهداری موتور می‌شود، می‌تواند منجر به صرفه‌جویی اقتصادی قابل توجهی شود.

۱۰-۲-۸. کاهش تلفات داخلی الکتروموتور

یکی از عوامل افزایش تلفات در موتورهای الکتریکی، کم باری آنها در زمان کار می‌باشد که موجب کاهش ضریب توان و در نتیجه افزایش جریان می‌شود. همچنین موتورهای بزرگتر به علت استفاده از حجم بیشتر هسته‌های مغناطیسی تلفات آهن بزرگتری دارند که این به معنی افزایش تلفات ثابت موتور می‌باشد.

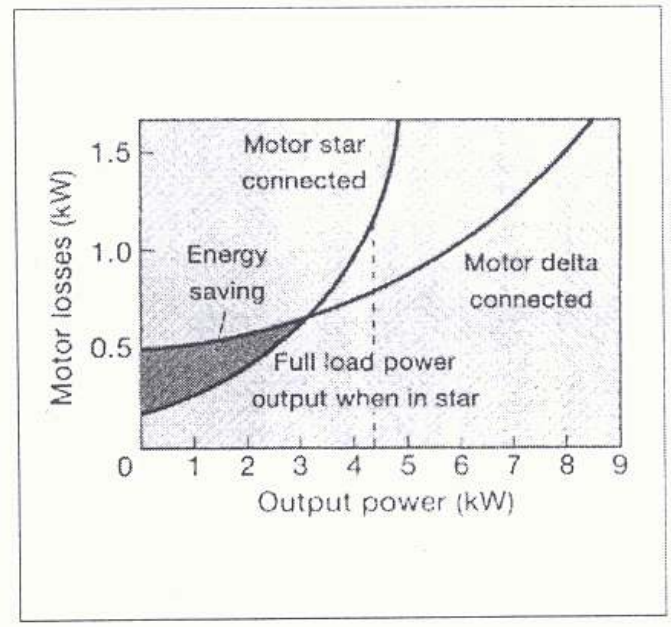
علت اصلی بزرگ بودن موتور اصولاً عبارتست از محاسبه بار موتور در مرحله طراحی و ضرب آن در یک ضریب جهت اطمینان از کارکرد موتور در شرایط واقعی. پس از آن نتایج در اختیار مدیر پروژه قرار گرفته و او نیز جهت اطمینان این مقدار را در ضریبی دیگر ضرب می‌کند، بعد از آن هنگام خرید نیز درصورت موجود نبودن موتور با این ظرفیت، موتور یک سایز بزرگتر تهیه می‌شود (شکل ۱۰-۱۱). مجموعه این عوامل موجب می‌شود تا

موتور نصب شده در شرایط کاری زیر بار کار کند.



شکل۱۰-۱۱. دلایل نامناسب بودن سایز موتورها

جهت بهینه‌سازی در چنین مواردی ۳ راه وجود دارد. یکی تعویض موتور که به تنهایی توجیه پذیر نبوده و بیشتر در مواقعی صورت می‌پذیرد که موتور موجود سوخته و به جای تعمیر، تعویض می‌شود که علاوه بر تهیه موتور می‌توان از موتورهای جدید با راندمان بالاتر نیز استفاده نموده و در این حالت صرفه‌جویی خوبی حاصل می‌گردد. راه دیگر استفاده از راه اندازی‌های نرم با متدهای بهینه سازی مصرف انرژی می‌باشد که معمولاً هزینه آن از تهیه الکتروموتور جدید نیز بیشتر بوده ولی فواید دیگر نظیر کنترل و حفاظت اضافی بر روی موتور را دارد. راه حل سوم استفاده از مبدل‌های ستاره مثلث و یا قرار دادن اتصال ستاره برای الکتروموتورهایی که به طور دائم در زیر ۴۰ درصد بار نامی کار می‌کنند. شکل۱۰-۱۲ تلفات موتور را در دو حالت اتصال ستاره و مثلث برای یک الکتروموتور ۷/۵ کیلووات نشان می‌دهد.



شکل ۱۰-۱۲. صرفه جویی انرژی بوسیله تعویض اتصال در یک موتور ۷/۵ کیلووات

همانگونه که شکل فوق نشان می‌دهد، اگر موتور در زیر ۴۰ درصد بار نامی کار کند، در صورت استفاده از اتصال ستاره به جای مثلث، تلفات موتور کاهش می‌یابد. ولی اگر بار موتور از حدود ۴۰ درصد بالاتر برود، استفاده از اتصال ستاره نتیجه معکوس خواهد داد و باعث افزایش تلفات موتور خواهد شد [۱۰۲].

۱۰-۲-۹. ترویج بکارگیری محرکه های کنترل دور توان موتورهای الکتریکی (VSD)

محرکه های سرعت متغیر در واقع کنترل کننده های دور توان موتورهای الکتریکی می باشند و باعث میشوند در صورت بی باری خطوط تولید توان خروجی موتورهای الکتریکی را کاهش و در موقع لزوم به حداکثر مقدارخود برسد. مطالعات انجام شده نشان می دهد که با نصب محرکه های سرعت متغیر بین 20 تا 30 درصد کاهش در مصرف انرژی خواهیم[۱۰۹]

۱۰-۲-۱۰. کاربرد رایانه در صنعت مس

یکی از مهم ترین زمینه های توسعه علم و فناوری در صنعت مس، کاربرد رایانه و روش های عددی برای حل مسائل مکانیک سیالات و ترمودینامیک در جریان حرکت مذاب است.

شبیه سازی‌های رایانه ای سبب شده تا طراحان بتوانند بدون صرف وقت و هزینه های اضافی، نسبت به اصلاح طرح های خود اقدام نموده و روش های بهینه تولید مورد نظر خود را به دست آورند. نتیجه عملی استفاده از نرم افزارهای رایانه ای در طراحی فرایندهای تولید، دستیابی سریع و ارزان تر است. با استفاده از رایانه امروزه طول زمان ساخت یک محصول از ماه ها و سال ها به روزها و هفته ها کاهش یافته است. این تحول از طریق

توسعه فناوری رایانه ای و پیشرفت در روش های شبیه سازی عددی تحقق یافته است.

نوآوری های بسیار در این حوزه موجب گردیده تا مهندسان و طراحان بتوانند محصولاتی را تولید کنند که دارای پیچیدگی های بالاتر و زمینه های کاربردی بیشتر می باشند. تولید محصول با سرعت بالاتر با صرف هزینه‌های کمتر، تنها با سرمایه گذاری در خرید رایانه و نرم افزارهای مربوطه میسر خواهد شد.

در ارتباط با کاربرد رایانه در ساخت محصول به مزایای زیر می توان اشاره کرد:

- بهینه سازی طرح و وزن محصولات
- بهبود در کارایی و کیفیت محصول
- کاهش زمان ساخت و تحویل محصول
- کاهش هزینه های تولید

به علاوه نرم افزارها دارای انتخاب های بسیار به همراه بانک های اطلاعاتی جامع تر شده اند، به گونه ای که محاسبات بسیار پیچیده ریاضی به همراه تحلیل های دشوار مهندسی را می توان به سهولت و درحداقل زمان ممکن با رایانه انجام داد. بر همین اساس کاربرد رایانه در شبیه سازی بسیار گسترده شده است[۱۰۳].

۱۰-۲-۱۱. استفاده از قراضه های تمیز

بازیافت یک تن مس مصرف شده، ۱۵٪ از انرژی لازمه برای معدنکاری و استخراج همان میزان مس را طلب می کند. بنابراین بازیافت مواد راهی برای حفظ و صرفه جویی در مصرف سوخت های فسیلی و کاهش انتشار دی اکسید کربن در هوا می باشد.

قراضه برگشتی یک منبع مهم مس به حساب می آید که اهمیت روزافزونی دارد. در حال حاضر حدود ۸۰٪ قراضه های برگشتی را قراضه های آلیاژی تشکیل می دهند. اغلب اینها معمولا ذوب شده و بی آنکه پالایش شوند به شکل آلیاژ ریخته می شوند. مس قراضه غیرآلیاژی ذوب و پالایش می شود تا مس ویژه کارهای مکانیکی یا الکتریکی بدست آید. فرآیندهای به کار رفته بستگی به عیار مواد برگشتی و محصول دلخواه دارد. واحدهای اصلی برای ذوب قراضه کم عیار، کوره های دمشی کوچک و کنورترهای پیرس-اسمیت اند.

طبق آمار بدست آمده حدود ۱,۳ مس مصرفی را می توان از قراضه مس تهیه نمود. در واقع بازیابی مس از اشیای مصرف شده (قراضه کهنه) و تلفات تولید (قراضه نو) برای تمام صنایع اهمیت زیادی دارد.

آلودگی های موجود در قراضه ها باعث به وجود آمدن سرباره و در نتیجه افزایش انرژی مصرفی می شود. بنابراین باید در کوره های ذوب مس حتی الامکان از قراضه های تمیز استفاده نمود.

استفاده از قراضه‌های تمیز منجر به افزایش هزینه‌ها شده و همچنین مستلزم سرمایه گذاری و تهیه تجهیزات تمیز کننده می باشد. قیمت قراضه های تمیز حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد بیشتر از قیمت قراضه های معمولی است. اما مقدار تلفات در صورت استفاده از قراضه های تمیز (با توجه به کاهش سرباره تولیدی) کمتر

بوده و مصرف انرژی نیز در این حالت ۱۰ تا ۱۵٪ کاهش خواهد یافت[۱۰۳].

۱۰-۲-۱۲. استفاده از قراضه های فشرده یا قراضه‌های خرد شده

یکی از عواملی که تأثیر بسزایی در میزان مصرف انرژی کوره های ذوب دارد، ابعاد و شکل قراضه هـای ورودی به کوره می باشد. هر چه ابعاد قراضه های شارژ شده به کوره کوچکتر باشد، فرآیند ذوب بـا انـرژی کمتـری انجـام می‌شود. از دیگر عواملی که در میزان مصرف انرژی در این بخش تأثیرگذار هستند می توان تعداد دفعات باز شـدن درب کوره و زمان باز ماندن درب کوره را نام برد. ۹۰٪ علت باز ماندن بیش از حد دهانه کوره به خاطر پایین بودن دانسیته قراضه در سبد حمل قراضه است که باعث می شود تقریبا هیچ یک از سبدهای شارژ کوره نتواننـد از تمـام ظرفیت خود برای جابجایی آهن قراضه استفاده کنند و در نتیجه برای شارژ کوره به تعداد سبدهای بیشـتری نیـاز است. دو عامل آخر خود وابسته به ابعاد قراضه ها هستند و با کوچک کردن ابعاد قراضه ها خود به خود قابـل حـل هستند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که با وارد کردن قراضه خرد شده و قراضه های فشرده به داخل کـوره، بـه دلیل زیاد شدن سطح تماس و امکان بستن درب کوره، سرعت ذوب بالا رفته، زمان ذوب و مصرف انـرژی کـاهش می‌یابد[۱۰۳].

۱۰-۲-۱۳. استفاده از قراضه‌های پیشگرم شده

پایین بودن دمای مواد شارژ شده به کوره باعث پایین آمدن عملکرد کوره می شود، در حالی که پیشگرمایش یا خشک کردن قراضه ها قبل از ورود به کوره باعث حذف رطوبت و مواد فـرار از شـارژ کـوره و لـذا جلـوگیری از انفجار، کاهش تولید سرباره،کاهش انرژی مورد نیاز برای ذوب و افزایش ظرفیت ذوب کوره می شود.

پیشگرمایش قراضه ها معمولاً توسط گاز طبیعی انجام می شود. همچنین می توان از گازهـای احتـراق کـوره ذوب برای پیشگرمایش مواد ورودی استفاده نمود. کوره های ناپیوسته راندمان پایین تری نسـبت بـه کـوره هـای پیوسته دارند. زیرا در کوره های ناپیوسته مقداری از حرارت در ابتدای هر سیکل، صـرف بـالا بـردن دمـای کـوره می‌شود[۱۰۳].

۱۰-۲-۱۴. کاهش دمای مذاب

با توجه به اتلافات دمایی که هنگام انتقال مذاب و تخلیه آن به داخل قالـب صـورت مـی گیـرد، بایـد دمـای مذاب را کمی بالاتر برد تا بعد از این تلفات، دما به اندازه کافی بالا باشـد. کـاهش دمـای مـذاب تولیـدی مسـتلزم کاهش تلفات حرارتی هنگام انتقال و تخلیه مذاب است که برای این منظور موارد زیر توصیه می شود[۱۰۳]:

- ✓ پیشگرمایش پاتیلها، برای جلوگیری از افت دمای مذاب

- ✓ استفاده از درپوش برای پاتیلها، برای جلوگیری از تلفات تابشی
- ✓ نزدیک بودن کوره ذوب با محل قالب گیری برای کاهش زمان انتقال

۱۰-۲-۱۵. عایق بندی مبدل های حرارتی

مقداری از انرژی سیال داغ در مبدل های حرارتی، دیگ های بخار، لوله های بخار و آب گرم به صورت تشعشع و جابجایی از پوسته به محیط اطراف منتقل می گردد، که با عایق بندی آن ها می‌توان مقدار این اتلاف را به طور قابل ملاحظه ای کاهش داد. همچنین عایق ها باید مرتباً بازبینی شده و در صورت نیاز تعویض شوند.

۱۰-۳. راهکارهای پرهزینه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور

راهکارهای پرهزینه راهکارهایی را در بر می گیرد که نیاز به ایجاد تغییر اساسی در سیستم کارخانه (مانند تعویض کل کوره یا تغییر کلی در ساختار تجهیزات و ...) و استفاده از تجهیزات گران قیمت داشته که اجرای آن‌ها بسیار پرهزینه می‌باشد. این راهکارها در ادامه توضیح داده شده اند.

۱۰-۳-۱. استفاده از انرژی های نو در معادن مس

یکی از عوامل توسعه جوامع صنعتی انرژی می‌باشد. تاکنون سوخت‌های فسیلی تامین کننده اصلی انرژی مورد نیاز بشر بوده‌اند، اما با کاهش منابع انرژی تردیدی نیست که در آینده‌ای نزدیک باید از منابع جدیدتر استفاده شود.حال از آنجایی که شرایط آب و هوایی ایران بستر استفاده از انرژی هایی چون خورشید، باد و... برای جایگزین شدن با سایر سوخت های فسیلی را فراهم کرده است، بحث مدیریت مصرف بهینه در کنار بهره گیری از انرژی های نو جایگاه ویژه ای پیدا کرده است.

برخی معادن و صنایع معدنی ایران قابلیت استفاده از انرژی باد و خورشید را دارند. در مناطقی از ایران به دلیل سرعت بالای باد در ماه هایی از سال می توانند انرژی مورد نیاز خود را به صورت طبیعی تامین کنند یا در برخی معادن کویری می توانند انرژی خورشیدی را جایگزین سوخت های فسیلی کرد

استفاده از انرژی های نو در معادن باعث کاهش مصرف انرژی در صنعت می شود که این امر علاوه بر اینکه قیمت محصولات تولیدی را رقابت‌پذیر میکند میزان آلودگی‌های به وجود آمده را نیز کاهش می‌دهد.

۱۰-۳-۲. استفاده از روش الکتروویینگ مس

در چهل سال اخیر در صنعت مس تغییرات زیادی انجام شده است. تولید مس از روش‌های معمول گذشته

به سمت تولید توسط هیدرومتالوژی تغییر کرده است. این تغییرات بیشتر در جهت تولید مس با کیفیت بالا توسط الکتروویننگ بوده است. لازمه آن تولید کاتد با کیفیت بالا از طریق تکنولوژی قوی و استفاده از آندهای آلیاژ سرب مستحکم می باشد. برای رسیدن به کاتد خوب باید الکترولیت و مخزن خانه آن کاملا کنترل گردد. این کنترل در حرکت به سمت جلو با استفاده از تکنولوژی روز دنیا میسر خواهد شد. در طراحی‌های جدید از سیستم‌های مخزن با محلول الکترولیت چرخشی استفاده شده است. تکنولوژی فرایند تولید بوسیله الکتروویننگ یک موقعیت منحصر به فردی به لحاظ تولید فلز با کیفیت بالا در مقیاس وسیع و هزینه قابل قبولی را دارد. از این روش می شود برای تولید روکش های مسی با خلوص و درخشندگی بالا برای صنایع ریزالکتروینینگ و یا به صورت بلوک‌های کاتد مسی به عنوان مواد خام در صنایع استفاده می شود. لازمه فرایند الکتروونینگ دادن یک توان و انرژی اولیه در خلاف فرایند تجزیه فلز می باشد. این مورد مربوط به علم شیمی می‌شود و درست همانند تغذیه باطری‌ها می‌باشد . این امر در تولید فلز پارامتر بسیار مهمی می‌باشد.

پیشرفت های اخیر در تغلیظ سنگ معدن مس با استفاده از لیچینگ باعث شده تا فرایند الکتروویننگ مس کاملتر گردد. پیشرفت های اخیر شامل تکمیل بیولیچینگ و تکنولوژی فشار لیچینگ علاوه بر بهبود عملکرد تکنولوژی لیچینگ می باشد. این قبیل پیشرفت ها باعث ثبات و حمایت از رشد تولید الکتروویننگ می شود چونکه سنگ معدن مس یک ماده مهم برای تولید مس می باشد و به طورکلی استفاده از الکتروویننگ برای تولید از سنگ معدن مس می باشد[۷۶].

الکتروویننگ یک روش است که در اکثر موارد برای بازیابی اولیه مس کاربرد دارد . در طول رشد استفاده از این فرایند در ۲۰ سال گذشته ، تکنولوژِی آن کاملتر شده و هزینه آن کاهش یافته و می توان کاتد های با کیفیت و خلوص بالا را تولید کرد. برای رسیدن به خلوص بالاتر و رفع آلودگی الکترولیت (غبار اسید (ترکیبدن حباب های سطح الکترولیت)) ، و جلوگیری از رسوخ سرب و آلودگی کاتد کنترل کاتد و اسنفاده از روکش های اکسید RuO2 or IrO2 و اکسید تیتانیومی بررسی شد[۷۶].

۱۰-۴. تولید مس از کنسانتره با فرآیند Galvanox

محققین دانشگاه بریتیش کلمبیا به روشی نوین در تولید مس از کنسانتره کالکوپیریتی با استفاده از لیچینگ اتمسفری بوسیله ایجاد شرایط گالوانیکی دست یافته اند که این روش را Galvanox نامگذاری کرده اند .

۱۰-۴-۱. مزایای فرآیند Galvanox

فرآیند Galvanox یعنی لیچینگ در فشار اتمسفریک بوسیله ایجاد محیط گالوانیکی بر روی کنسانتره سولفیدی کالکوپیریت ($CuFeS_2$) در حضور محلول سولفات آهن که این روش مزایایی را نسبت به سایر روشهای مشابه دارا

می باشد که میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- قابلیت اجرا در فشار اتمسفریک و دمای حدود ۸۰ درجه سانتیگراد و عدم نیاز به تانک های لیچینگ خاص و گرانقیمت

۲- فرآیند شیمیایی بوده و نیازی به باکتری و یا میکروب خاصی ندارد.

۳- فرآیند در محیط سولفاتی به تنهایی قابل انجام است و افزودنی دیگری نیاز ندارد و محیط آن نیز خورنده نبوده و تجهیز ویژه ای را طلب نمیکند.

۴- به خردایش و آسیا کردن زیاد ذرات نیازی ندارد و اندازه ذرات در حدود ۷۵ m مناسب است.

۵- میزان تولید گوگرد عنصری حدود ۹۵ درصد است و به تبع آن به حداقل میزان اکسیژن تئوری نیاز است.

۶- امکان انتخاب کنسانتره کم عیار کالکوپیریت در کنار پیریت و اقتصادی بودن آن در مقایسه با ذوب کنسانتره کم عیار

۷- تولید مس با خلوص بالا از این روش در کمتر از ۲۴ ساعت

۸- امکان استفاده از محلول بدست آمده در فرایندهای استخراج با حلال و الکتروویننگ و تولید مس با درجه کیفیت A (LME grade A)

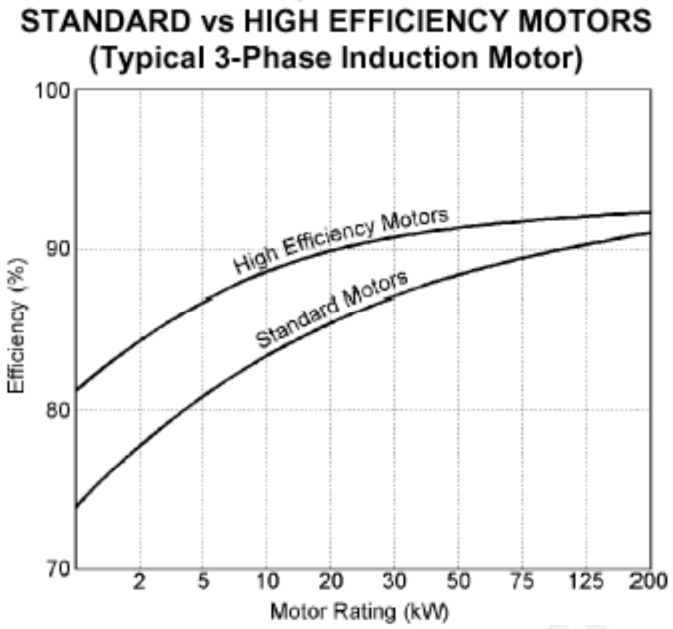
موارد فوق فرآیند Galvanox را از تمام جهات برای تولید مس از کنسانتره قابل توجیه می نماید [۸۱] .

۱۰-۴-۲. استفاده از الکترو موتورهای پر بازده

هدف استفاده از الکتروموتورهای پر بازده، کاهش تلفات داخلی الکتروموتورها می‌باشد. تلفات داخلی الکتروموتورها شامل موارد زیر است.

- ✓ تلفات مسی که وابسته به جریان بار است.
- ✓ تلفات هسته که مقدار ثابتی است و مستقل از جریان بار می‌باشد.
- ✓ تلفات مکانیکی که به سرعت وابسته است ولی مستقل از بار می‌باشد.

با انتخاب موتورهای الکتریکی پربازده مقادیر تلفات داخلی کمتر خواهند شد. این الکتروموتورها دارای طول هسته بیشتری هستند و در ساختمان هسته آنها از ورقهای با تلفات کم استفاده شده است. برای کاهش تلفات مس، سطح مقطع هادی بزرگتری برای آنها بکار رفته است و با توجه به اینکه در این الکتروموتورها حرارت کمتری تولید می‌شود، لذا اندازه فن خنک‌کاری، کوچکتر انتخاب شده که باعث کاهش تلفات مکانیکی آن خواهد شد. در شکل ۱۰-۱۳ منحنی‌های بازده الکتروموتورهای استاندارد و الکتروموتورهای پربازده در اندازه‌های مختلف مقایسه شده‌اند.



شکل۱۰-۱۳. منحنی بازده موتورهای الکتریکی

موتورهای پربازده علاوه بر اینکه دارای کارایی بیش از ۲ درصد نسبت به موتورهای عادی هستند، جریان‌های بیشتری را نیز در هنگام راه اندازی تحمل و حرارت و نویز کمتری تولید می‌کنند. لازم به ذکر است هزینه خرید این موتورها بسیار زیاد می‌باشد و پیشنهاد می‌گردد هنگام تعویض موتورهای مستهلک از این راهکار استفاده شود. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که با توجه به راندمان موتورهای مختلف و قیمت موتورهای معمولی و راندمان بالا، استفاده از موتورهای راندمان بالا تا قدرت ۱۵ اسب بخار دارای صرفه اقتصادی بوده، و با توان‌های بیشتر توجیه اقتصادی ندارد[۱۰۱].

برای نشان دادن تاثیر استفاده از موتورهای پربازده، به بررسی میزان صرفه‌جویی توان در صورت جایگزینی الکتروموتورهای مستهلک با نوع پربازده در توان‌های مختلف در جدول۱۰-۱۵ پرداخته می‌شود.

لازم به ذکر است که به دلیل وجود سایزهای مختلف موتورهای موجود در مجتمع های مس میزان صرفه‌جویی برای موتورها در محدوده ۱/۱ تا ۳۷۵ کیلووات محاسبه شده است. همچنین محاسبات با فرض ۱۶ ساعت کارکرد در شبانه‌روز و ۳۳۰ روز کاری سالیانه انجام گرفته است.

جدول۱۰-۱۵. صرفه‌جویی انرژی و هزینه استفاده از موتورهای راندمان بالا

توان خروجی	راندمان *(%)*	توان مصرفی *(KW)*	صرفه‌جویی توان	صرفه‌جویی انرژی	هزینه صرفه‌جویی شده (سال/ ریال)

نرخ تمام شده برق (۸۳۲ ریال)	نرخ فعلی برق (۴۳۰ ریال)	$(KWh/year)$	(KW)	موتور پربازده	موتور استاندارد	موتور پربازده	موتور استاندارد	(KW)
522,971	270,286	629	0.12	1.31	1.43	84	77	1.1
549,620	284,058	661	0.13	1.79	1.91	84	78.5	1.5
813,140	420,253	977	0.19	2.51	2.70	87.5	81.5	2.2
762,310	393,982	916	0.17	4.57	4.74	87.5	84.3	4
1,496,232	773,293	1798	0.34	6.15	6.49	89.5	84.8	5.5
1,677,206	866,825	2016	0.38	8.38	8.76	89.5	85.6	7.5
2,187,256	1,130,433	2629	0.50	12.09	12.59	91	87.4	11
2,214,166	1,144,341	2661	0.50	16.48	16.99	91	88.3	15
3,462,767	1,789,651	4162	0.79	20.02	20.81	92.4	88.9	18.5
3,028,342	1,565,129	3640	0.69	23.81	24.50	92.4	89.8	22
4,075,684	2,106,423	4899	0.93	32.26	33.19	93	90.4	30
3,841,180	1,985,225	4617	0.87	39.78	40.66	93	91	37
4,847,213	2,505,170	5826	1.10	48.08	49.18	93.6	91.5	45
5,860,866	3,029,053	7044	1.33	58.45	59.78	94.1	92	55
9,474,120	4,896,480	11387	2.16	79.37	81.52	94.5	92	75
10,436,740	5,393,988	12544	2.38	95.24	97.61	94.5	92.2	90
12,058,715	6,232,269	14494	2.75	115.79	118.53	95	92.8	110
12,638,402	6,531,867	15190	2.88	157.89	160.77	95	93.3	150
13,872,505	7,169,684	16674	3.16	196.87	200	95	93.5	187
21,053,940	10,881,243	25305	4.79	235.85	240.64	95.4	93.5	225
23,563,906	12,178,461	28322	5.36	314.47	319.83	95.4	93.8	300
32,928,175	17,018,167	39577	7.50	391.44	398.94	95.8	94	375

جدول۱۰-۱۵ میزان صرفه‌جویی انرژی و هزینه را در صورت استفاده از موتورهای راندمان بالا به جای موتورهای استاندارد در محدوده ۱/۱ تا ۳۷۵ کیلووات نشان می‌دهد. باید توجه داشت بسیاری از موتورهای موجود

در بازار به علت پایین بودن مرغوبیت، دارای راندمان پایین‌تر از استاندارد بوده که این موضوع باعث می‌شود اعـداد بدست آمده جهت صرفه‌جویی به مراتب بیشتر شود.

۱۰-۴-۳. استفاده از جبران کننده های خازنی در صنعت

توان راکتیو، یکی از مهمترین عواملی است که در طراحی و بهره برداری شبکه‌های الکتریکی در نظـر گرفتـه می‌شود. اهمیت ضریب توان نیز مربوط به مولفه راکتیو بـار مـی‌باشـد، از ایـن رو بهبـود ضـریب تـوان تجهیـزات الکتریکی، باعث تنظیم بهتر ولتاژ، تلفات کمتر در خطوط توزیع و کاهش هزینه‌ها خواهد شد.

تنظیم ولتاژ با وجود بارهایی که توان راکتیو مصرفی آن‌ها تغییر می‌کند، یک موضوع مهم بـه شـمار مـی‌رود. این موضوع از این جهت دارای اهمیت است که تغییرات ولتاژ در محل بار، بر عملکرد مفیـد تجهیـزات تأثیرگـذار بوده و باعث کاهش راندمان آن‌ها خواهد شد.

استفاده از خازن به عنوان تولیدکننده بار راکتیو، به منظور تنظیم ولتاژ و اصلاح ضریب توان به علت ارزانی و سادگی عملکرد آن بسیار متداول است. استفاده از بانک‌های خازنی موازی در کارخانه باعث کـاهش جریـان خـط، افزایش ضریب توان، افزایش ولتاژ مصرف کننده و کاهش تلفات خواهد شد. بانک خازنی مـوازی، جریـان تصـحیح کننده ثابتی در محل بار تولید می‌کند که تمام مولفه راکتیو یا بخشی از آن را تأمین خواهد کرد[۹۸].

موتورهای القایی به علت جریان مغناطیس کنندگی مورد نیاز، باعث تغییرات ضریب توان شبکه مـی‌شـوند و هر اندازه قدرت موتور بیشتر باشد، جریان مغناطیس کنندگی آن نیز بیشتر خواهد بود. ضریب توان موتور بـه بـار آن بستگی دارد و بر حسب نوع، در نیمه بار بین ۰/۴۵ تا ۰/۶ و در بی باری بـه ۰/۲ نیـز مـی‌رسـد. بنـابراین اگـر بخواهیم مصرف راکتیو کارخانه را کاهش دهیم، توان نامی موتورها تا حد امکـان نبایـد بیشـتر از تـوان مکـانیکی مورد نیاز انتخاب شود. لازم به ذکر است، از جبران کننده‌های خازنی به سه روش زیر استفاده می‌شود:

- ✓ جبران سازی انفرادی
- ✓ جبران سازی گروهی
- ✓ جبران سازی مرکزی

در ادامه به توضیح این سه روش پرداخته شده است.

۱۰-۴-۳-۱. جبران سازی انفرادی

در این نوع جبران سازی توان راکتیو مورد نیاز بار در همان محل تأمین می‌شود، لذا خازن‌های جبران کننده باید در محل بار با تجهیز مورد نظر موازی شوند. ولی همیشه نمی‌توان از این نوع جبران سازی استفاده کرد، زیـرا اغلب استفاده از خازن‌ها به صورت یکجا مقرون به صرفه تر خواهد بود.

۱۰-۴-۳-۲. جبران سازی گروهی

در این روش به جای استفاده از تعداد زیادی خازن‌های کوچک برای هر دستگاه از یک خازن بزرگ یا یک بانک خازنی برای جبران سازی استفاده می‌شود. مزیت این روش نسبت به حالت قبل اقتصادی تر بودن آن است و برای مصرف کننده‌هایی که به صورت گروهی کار می‌کنند به کار می‌رود.

۱۰-۴-۳-۳. جبران سازی مرکزی

در این روش چند خازن در تابلوی مخصوصی نصب می‌شوند و بر حسب نیاز تعدادی از آن‌ها به شبکه اصلی وصل می‌شوند. با توجه به در نظر گرفتن ضریب همزمانی در کارخانه، توان خازنی کمتری نسبت به جبران سازی انفرادی یا گروهی مورد نیاز می‌باشد.

۱۰-۴-۳-۴. تعیین قدرت خازن مورد نیاز

برای به دست آوردن قدرت خازن مورد نیاز برای جبران توان راکتیو و اصلاح ضریب توان، با فرض این که توان ظاهری مصرف کننده S_1 و ضریب توان اولیه $cos\,\varphi_1$ باشد، جهت افزایش ضریب توان به $cos\,\varphi_2$ به صورت زیر عمل می‌کنیم.

$$Q_1 = P_1.tg(\varphi_1)$$
$$Q_2 = P_1.tg(\varphi_2)$$
$$Q_c = Q_1 - Q_2 = P_1.(tg(\varphi_1) - tg(\varphi_2))$$

P_1 : توان اکتیو بار (KW)

Q_c : توان خازن مورد نیاز برای بهبود ضریب توان می‌باشد(KVAR)

همچنین برای به دست آوردن قدرت خازن مورد نیاز برای اصلاح ضریب توان می‌توان با تعیین ضریب K با استفاده از جدول۱۰-۱۶ و با توجه به رابطه زیر مقدار توان خازن مورد نیاز را تعیین نمود[۹۸].

$$Q_c = K\,.\,P_1$$

جدول۱۰-۱۶. تعیین ضریب K (KVAR/ KW)

	final cosφ												
initial cosφ	0.80	0.85	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
0.60	0.583	0.714	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083	1.130	1.191	1.333
0.61	0.549	0.679	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048	1.096	1.157	1.299
0.62	0.515	0.646	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.01 5	1.062	1.123	1.265
0.63	0.483	0.613	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982	1.030	1.090	1.233
0.64	0.451	0.581	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950	0.998	1.058	1.201
0.65	0.419	0.549	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919	0.966	1.027	1.169
0.66	0.388	0.519	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888	0.935	0.996	1.138
0.67	0.358	0.488	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857	0.905	0.966	1.108
0.68	0.328	0.459	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828	0.875	0.936	1.078
0.69	0.299	0.429	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798	0.846	0.907	1.049
0.70	0.270	0.400	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770	0.817	0.878	1.020
0.71	0.242	0.372	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741	0.789	0.849	0.992
0.72	0.214	0.344	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713	0.761	0.821	0.964
0.73	0.186	0.316	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686	0.733	0.794	0.936
0.74	0.159	0.289	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658	0.706	0.766	0.909
0.75	0.132	0.262	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631	0.679	0.739	0.882
0.76	0.105	0.235	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605	0.652	0.713	0.855
0.77	0.079	0.209	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578	0.626	0.686	0.829
0.78	0.052	0.183	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552	0.599	0.660	0.802
0.79	0.026	0.156	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525	0.573	0.634	0.776
0.80		0.130	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499	0.547	0.608	0.750
0.81		0.104	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473	0.521	0.581	0.724
0.82		0.078	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447	0.495	0.556	0.698
0.83		0.052	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421	0.469	0.530	0.672
0.84		0.026	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395	0.443	0.503	0.646
0.85			0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369	0.417	0.477	0.620
0.86			0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343	0.390	0.451	0.593
0.87			0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316	0.364	0.424	0.567
0.88			0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289	0.337	0.397	0.540
0.89			0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262	0.309	0.370	0.512
0.90				0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234	0.281	0.342	0.484

۱۰-۴-۳-۵. تهویه خازن‌ها

خازن در برابر افزایش دما بسیار حساس است و همواره در بار دایمی خود کار می‌کند. بنابراین در حالت اضافه ولتاژ (که به معنای افزایش بار خازن و در نتیجه افزایش دمای آن است) نباید وارد مدار شود. خازن‌ها معمولاً طوری طراحی می‌شوند که اضافه درجه حرارت زمان کار آن‌ها نسبت به تجهیزات دیگر کمتر است و این به خاطر عملکرد دایمی خازن‌ها در بار کامل می‌باشد. بنابراین لازم است که به آرایش نصب خازن‌ها توجه شود تا تهویه کافی و تبادل حرارت انجام پذیرد. همچنین قراردادن خازن‌ها در مکان‌های خنک تر و استفاده از فن در خنک سازی نیز به منظور افزایش طول عمر خازن‌ها توصیه می‌شود[۹۸].

۱۰-۴-۴. بازیافت حرارت در چیلر جذبی

سرمایش جذبی یکی از فناوریهای کلیدی در زمینه سرمایش و گرمایش ساختمانها می‌باشد چرا که این سیستم امکانات قابل توجهی را برای تبدیل گرمای هدر رفته به سرمایش در اختیار ما قرار می دهد.

یکی از راهکارهای مورد استفاده از انرژی مازاد در واحدهای صنعتی استفاده از سیستم‌های تبرید جذبی

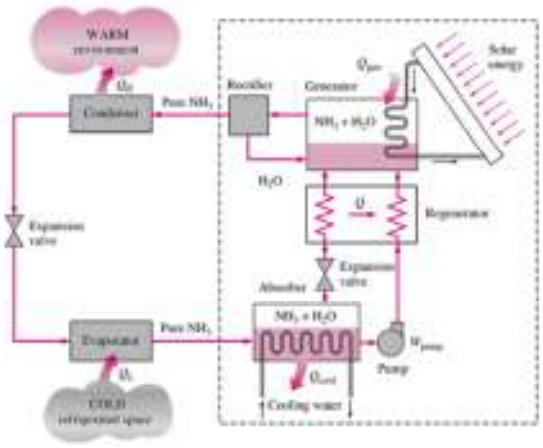
است. این سیستم‌ها حجیم، پیچیده و گرانتر از سیستم های تبرید تراکمی می باشند و تنها زمانی از لحاظ اقتصادی قابلیت رقابت دارند که یک منبع انرژی در حال تلف شدن، در دسترس باشد. در صورتیکه به منبع انرژی ارزان قیمت در دمای ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد دسترسی داشته باشیم، استفاده از تبرید جذبی مناسب است. نمونه هایی از منابع انرژی حرارتی ارزان عبارتند از : انرژی زمین گرمایی، انرژی خورشیدی و حرارت تلف شده در فرایندها، یعنی انرژی هایی که در حالت عادی هدر می روند.

همانگونه که قبلا اشاره شد، چیلرهای جذبی در پروژه هایی که دارای واحد بازیافت انرژی و حرارت می باشند کاربرد و توجیه اقتصادی دارند، در سایر پروژه ها با توجه به نیاز موتورخانه به تجهیزات تولید آب گرم (دیگ های آب گرم، پمپ، لوله کشی، عایق کاری و ...)، هزینه های تعمیراتی تجهیزات، افت انرژی حرارتی و مصرف مضاعف انرژی برای تهیه آب گرم استفاده از چیلرهای جذبی آب گرم کاربرد و توجیه اقتصادی ندارد.

سیستمهای تبرید جذبی شامل جذب کننده یک ماده مبرد به وسیله یک واسط انتقال می باشند. معمولترین سیستم تبرید جذبی سیستم آب-آمونیاک است، که در آن آمونیاک (NH_3) به عنوان مبرد و آب (H_2O) به عنوان واسطه انتقال عمل می کنند. سیستمهای تبرید جذبی دیگر شامل آب-لیتیم بروماید و آب-لیتیم کلراید می باشند، که در آن آب به عنوان مبرد عمل می کند. کاربرد دو سیستم اخیر در مواردی نظیر تهویه مطبوع محدود شده است، که در آن حداقل دما بالاتر از نقطه انجماد آب می باشد. یک سیستم تبرید جذبی آب- آمونیاک در شکل ۱۰-۱۴ نشان داده شده است.

نحوه عملکرد یک سیکل تبرید جذبی آمونیاکی به شرح ذیل است [۱۰۳].

بخار آمونیاک تبخیر کننده را ترک کرده و وارد جذب کننده می شود و در آنجا با آب واکنششیمیایی داده و مولکول $NH_3.H_2O$ تشکیل می شود. این واکنش گرمازااست. مقدار جذب آمونیاک در آب با دما رابطه عکس دارد، لذا لازم است که جذب کننده سرد شده و دمای آن تا حد امکان پایین نگ داشته شود ، تا بیشترین مقدار آمونیاک در آب جذب شود. محلول آب و آمونیاک با غلظت بالای آمونیاک به ژنراتور پمپ می شود. حرارت از یک منبع به محلول داده شده تا مقداری از محلول تبخیر شود. بخار حاصل که حاوی مقدار زیادی آمونیاک است از درون یک جداکننده عبور کرده، آب آن جدا و به ژنراتور برگردانده می شود. سپس بخار آمونیاک خالص فشار بالا راه خود را در چرخه ادامه می دهد. مخلوط داغ آب و آمونیاک با غلظت کم آمونیاک از یک مبدل بازیاب عبور می کند، که طی آن مقداری حرارت به محلول اشباع که پمپ را ترک می کند و به فشار جذب کننده خفقان می یابد داده می شود.



شکل۱۰-۱۴. چرخه تبرید جذبی آمونیاکی

در مقایسه با سیستمهای تراکمی بخار، سیستمهای تبرید جذبی یک مزیت اصلی دارند، کـه بـه جـای بخـار، یک مایع فشرده می شود. کار جریان پایدار متناسب با حجم مخصوص است و بنابراین کار ورودی به سیسـتمهای تبرید جذبی بسیار کوچک است.(در حدود یک درصد از حرارتی که به گرمکن داده می شود.) و اغلب در تجزیـه و تحلیلهای چرخه از آن صرفنظر می شود. عملکرد این سیستمها بر مبنای انتقال حرارت از یک منبع خارجی قـرار دارد. بنابراین، سیستمهای تبرید جذبی اغلب تحت عنوان سیستمهای با محرک گرمایی۴۳ طبقه بندی می شوند. سیستمهای تبرید جذبی حجیم، پیچیده و گران هستند. آنهـا فقـط وقتـی از لحـاظ اقتصـادی قابلیـت رقابـت بـا چیلرهای تراکمی را دارند، که یک منبع انرژی در حال تلف شـدن، در دسـترس باشـد. ایـن سیسـتمها اغلـب در کاربردهای صنعتی به کار می روند. با استفاده از این سیکل به کمک انرژی مازاد می توان بار سـرمایی مـورد نیـاز جهت سرمایش ساختمان های مسکونی و اداری را تامین کرد[۱۳].

COP مربوط به سیستمهای تبرید جذبی به صورت زیر تعریف می شود:

$$COPR = \frac{\text{خروجی مطلوب}}{\text{ورودی مورد نیاز}} = \frac{QL}{Qgen+Qpump,in} \sim \frac{QL}{Qgen}$$

۱۰-۴-۵. بهینه سازی مصرف سوخت کوره آند

مس خام تولیدی در کنورتر، برای حذف ناخالصیهایی مانند اکسیژن و گوگرد، به کوره آند منتقل مـی شـود. در کوره آندی برای حذف آنها، عملیات سرباره گیری، اکسیداسیون و احیا انجام شده و در پایان مس آندی با عیار

[43]. Heat driven systems

مس 99.85% ریخته گری می شود. در کوره آند، می توان خروجی از کوره، را مشخص نمود و قابل موازنه جرمی می باشد.

موازنه حرارتی بر اساس اصل بقای انرژی و موازنه جرمی انجام شده استوار است که با استفاده از مشخصات فازها، انرژ ی حرارتی مشعل، اتلاف حرارتی دیواره، سقف و واکنش های انجام شده در طول فرایندها تنظیم می شود. کاربرد این روش در طراحی کوره، محاسبه اتلاف مواد و انرژی در کوره، مقدار انرژی حرارتی لازم برای ثابت نگه داشتن دمای مذاب داخل کوره، تعیین راندمان، مقدار و درصد شارژ مناسب و در نهایت مقدار سوخت لازم برای ثابت نگه داشتن دمای مذاب داخل کوره می باشد. برای مدل کردن کوره فرض بر این است که شرط تعادل در کوره برقرار می باشد. نتایج بدست آمده با مقادیری که در شرایط عملیاتی و طراحی کوره موجود است، تطابق بسیار خوبی دارد.

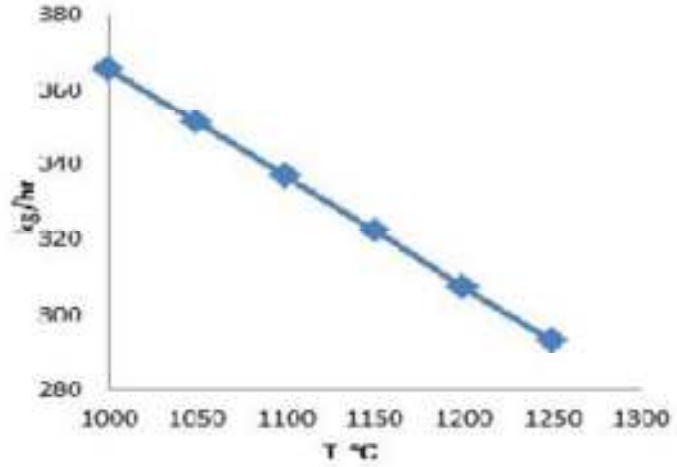
از آنجائیکه مس خام تولیدی در کنورتور دارای مقداری ناخالصی است، لذا برا ی حذف آنها به تصفیه حرارتی و الکتریکی نیاز دارد. دلیل انجام تصفیهٔ حرارتی قبل از تصفیهٔ الکتریکی، کاهش هر چه بیشتر ناخالصیهاست، بطوری که مس، قابل الکترولیز گردد. در کوره های آند بعلت کم بودن ناخالصی ها، اکسیداسیون آنها برای جبران تلفات حرارتی کوره کافی نبوده و نیاز به مشعل وجود دارد، بررسی موازنه جرم وحرارت برای تعیین چگونگی انجام واکنش ها، بهینه کردن عملکرد کوره و تأثیر پارامترهای مختلف برروی شرایط کاری کوره بسیار مهم است . در این تحقیق تأثیر نوع هوای فرآیند، دمای پیشگرم هوا، میزان مصرف سوخت و مقدار هوای لازم برای انجام واکنش های اکسایشی و احتراقی بررسی شد.

برای موازنه جرم و حرارت، کوره بصورت یک حجم قابل کنترل در نظر گرفته می شود و با استفاده از اصل بقای جرم و داشتن وزن و آنالیز اجزای ورودی به کوره، محاسبات صورت می گیرد. برای موازنه حرارت در کوره بایستی مقادیر حرارت ورودی، حرارت خروجی، حرارت تولید شده و همچنین حرارت های محسوس و نهان محاسبه شوند. حرارت ورودی به کوره شامل حرارت ناشی از احتراق سوخت در مشعل و حرارت محسوس و نهان ناشی از شارژ کوره (مس بلیستر) می باشد. مقدار زیادی حرارت نیز از کوره خارج می شود که دربرگیرنده گرمای گازهای خروجی که شامل گازهای تولید شده در مراحل احیا و اکسیداسیون و گازهای تولید شده در محصولات احتراق است، حرارت نهان و محسوس سرباره، حرارت نهان و محسوس مس آندی و حرارت تلف شده از دهانه و بدنه کوره از طریق هدایت، جابجایی طبیعی و تشعشع می باشد. با داشتن مقدار انرژی حرارتی مورد نیاز کوره برای ثابت نگه داشتن دمای مذاب و تقسیم بر مقدار انرژی آزاد شده حاصل از احتراق ۱ کیلوگرم سوخت در شرایط تعادل کوره در دمای 1250 c میزان مصرف سوخت محاسبه می شود.

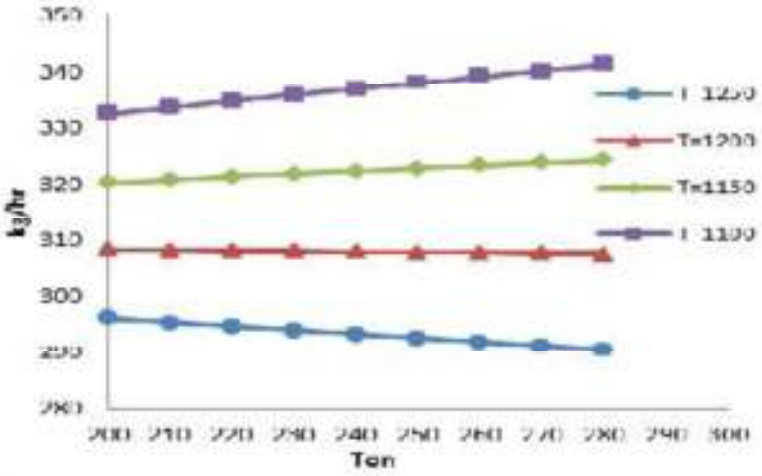
۱۰-۴-۵-۱. تاثیر دمای مواد ورودی و خروجی کوره آند بر مصرف سوخت

مصرف سوخت با کاهش دمای تناژ ورودی (مس بلیستر) افزایش می یابد. بر اساس شکل۱۰-۱۵، برای ۲۴۰

تن شارژ کوره، در دمای ۱۲۵۰ ° c، مقدار سوخت مصرفی برابر با ۲۹۳ kg/hr و در دمای ۱۰۰۰ ° c ، این مقدار به ۳۶۸kg/hr می رسد که باعث ۲۵ % افزایش سوخت مصرفی می شود.



شکل۱۰-۱۵. مصرف سوخت بر حسب دمای شارژ

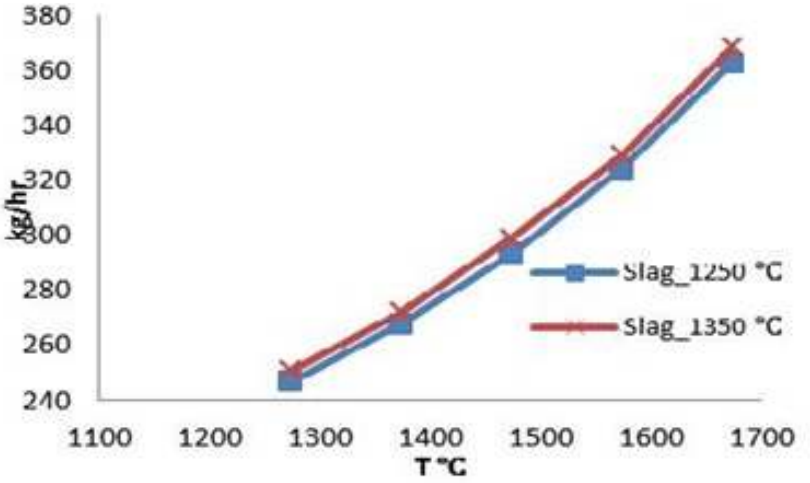


شکل۱۰-۱۶. مصرف سوخت برحسب تغییر تناژ ورودی در دماهای مختلف

با افزایش تناژ و کاهش دما، مقدار سوخت مصرفی افزایش می یابد. در شکل۱۰-۱۶ ، برای دمای ۱۱۰۰ ° c تا ۱۲۵۰ ° c با تغییر تناژ از ۲۰۰ تن تا ۲۸۰ تن، مقدار مصرف سوخت بررسی شده است. در دمای ۱۱۵۰ ° c تغییر تناژ ورودی تاثیر ناچیزی بر مصرف سوخت می گذارد و در دمای ۱۲۰۰ ° c تغییر تناژ ورودی تاثیری بر مصرف سوخت ندارد.

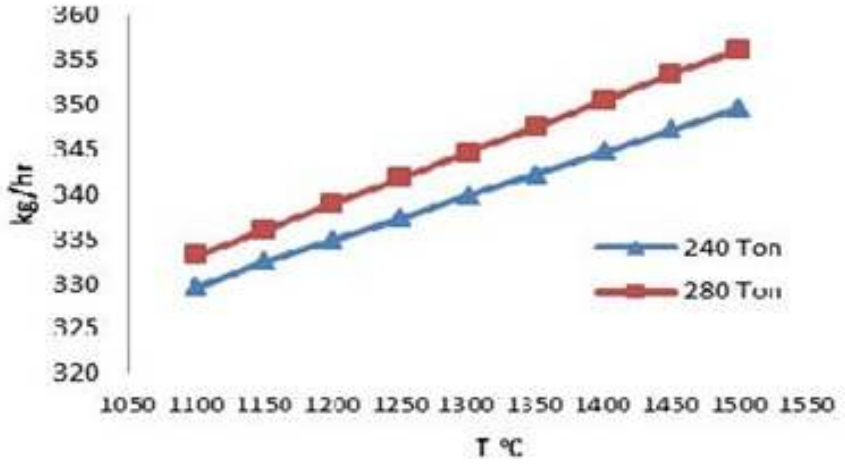
با افزایش دمای محصولات احتراق خروجی از دهانه کوره، میزان انرژی که برای ثابت نگه داشتن دمای مذاب نیاز است ،کاهش می یابد. از اینرو به مقدار بیشتری سوخت نیاز است. با افزایش دمای گازهای خروجی

از 1250 ° c تا 1650 ° c مصرف سوخت ۴۷٪ افزایش می یابد و از ۲۵۰kg/hr به 368 kg/hr می رسد



شکل۱۰-۱۷. مصرف سوخت بر حسب دمای گازهای خروجی دمای شارژ ۱۲۰۰

در شکل۱۰-۱۸ تاثیر دمای سرباره، برای دو تناژ متفاوت ۲۴۰ و ۲۸۰ تن بر مقدار سوخت مصرفی بررسی گردید. بر اساس شکل، با افزایش دمای سرباره، مصرف سوخت نیز افزایش می یابد و برای تناژ ورودی ۲۴۰ تن و افزایش دما از 1100 ° c تا 1500 ° c ، مقدار سوخت به میزان ۶٪، از ۳۳۰kg/hr تا ۳۴۹kg/hr افزایش می یابد.

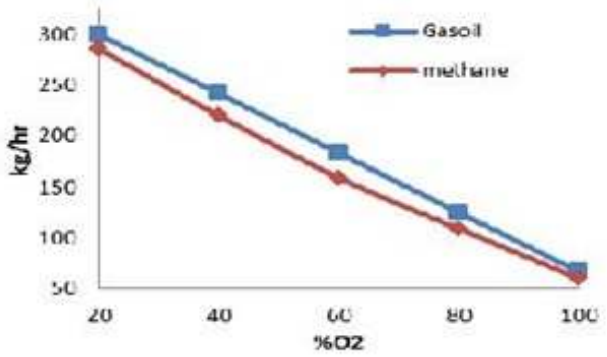


شکل۱۰-۱۸. مصرف سوخت بر حسب دمای سرباره با تناژ متغیر دمای شارژ ۱۱۰۰

۱۰-۴-۵-۲. تأثیر اکسیژن بر میزان مصرف سوخت

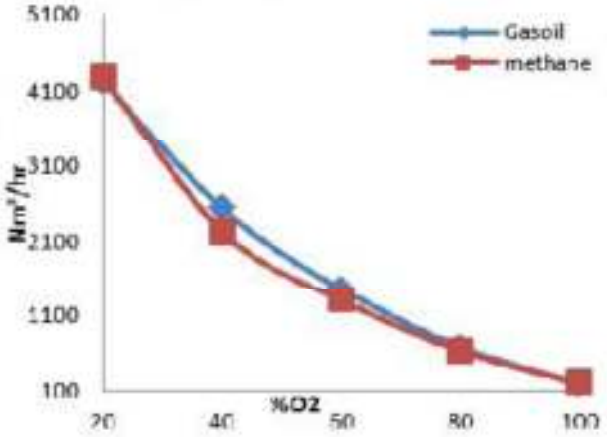
براساس پیش‌بینی، با افزایش مقدار اکسیژن در هوا، مصرف سوخت کاهش می یابد(شکل۱۰-۱۹) با حذف نیتروژن و افزایش ۱۰۰ ٪ اکسیژن در هوای ورودی به محفظه واکنش، مصرف گازوییل حدود ۷۷ ٪ و مصرف

متان حدود ٪۷۶کاهش می‌یابد و مصرف گازوئیل از ۲۹۳kg/hr به ۶۶kg/hr و مصرف متان از ۲۸۶kg/hr به ۶۴kg/hr می رسد. در انجام محاسبات فرض بر این بوده که تمامی واکنش های احتراق، در محفظه واکنش انجام می‌شود.



شکل۱۰-۱۹. تاثیر افزایش اکسیژن بر مصرف سوخت

مطابق شکل۱۰-۲۰، حجم هوای ورودی به شدت تابعی از درصد اکسیژن در هواست. کاهش مقدار حجم هوا، ناشی از کاهش مصرف سوخت و حذف تدریجی نیتروژن در هواست، زیرا نیتروژن تأثیری بر فرآیند انتقال حرارت در کوره ندارد و فقط انرژی دریافت می کند تا به دمای کوره برسد که با حذف آن، اتلاف انرژی برای گرم شدنش در کوره کاهش می یابد لذا حجم هوای مصرفی برای گازوییل از۴۲۲۶ Nm3/hr به ۱۸۴ Nm3/hr و برای متان از ۴۲۹۰Nm3/hr به۲۰۴,۱۶ Nm3/hr می رسد که حدود ۹۰ %کاهش، نشان می دهد

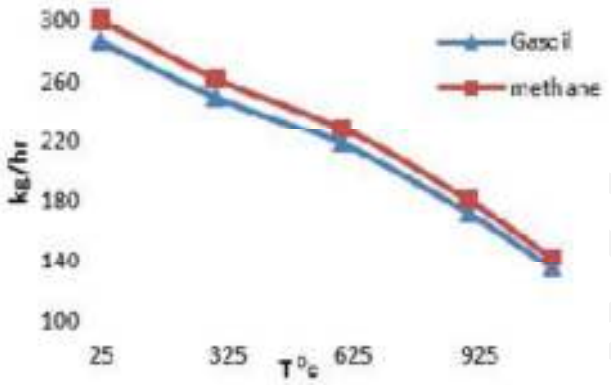


شکل۱۰-۲۰. تاثیرافزایش اکسیژن برحجم هوای ورودی

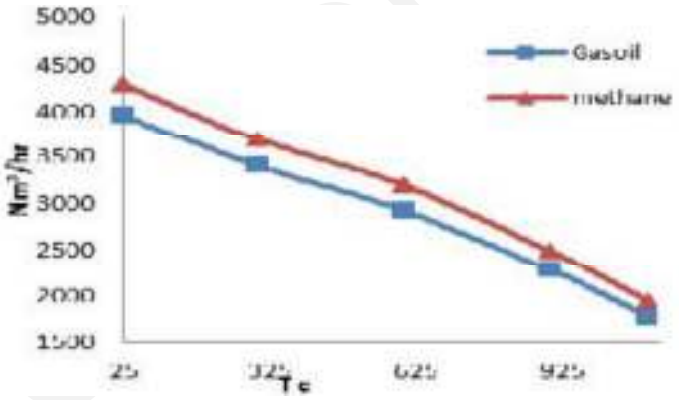
۱۰-۴-۵-۳. تأثیر پیشگرم هوای احتراقی بر مصرف سوخت

یکی دیگر از راههای کم کردن سوخت مصرفی، پیش گرم هوای احتراقی است که با توجه به شکل۱۰-۲۱،

مصرف گازوئیل ۲۹۳kg/hr با هوای احتراقی c ° ۲۵ به ۱۳۶kg/hr با هوای احتراقی c ° ۱۱۰۰ می رسد که به معنی ۵۳,۵٪ صرفه جویی در مصرف سوخت می باشد. همچنین با توجه به شکل ۱۰-۲۲، پیشگرم هوای احتراقی بر کاهش حجم هوای ورودی به کوره تاثیر می گذارد. هوای احتراقی گازوییل از ۳۹۶۰Nm3/hr به Nm3/hr ۱۷۷۷ و متان از ۴۲۹۰Nm3/hr به ۱۹۳۶ Nm3/hr می رسد که مصرف هوای احتراقی را حدودا ۵۴ ٪ کاهش می دهد .



شکل ۱۰-۲۱. تاثیر پیش گرم هوای احتراقی بر مصرف سوخت



شکل ۱۰-۲۲. تاثیر پیش گرم هوای احتراقی برحجم هوای ورودی

- **نتیجه گیری**

۱- انرژی که در اثر انتقال حرارت تشعشعی از دهانه شارژ خارج می شود، ۱٪ انرژی کل سیستم را تشکیل می دهد. لذا قرار دادن درب برای دهانه شارژ تاثیر چندانی در اتلاف انرژی از طریق تشعشع ندارد.

۲- مقدار سوخت مصرفی با کاهش دمای تناژ ورودی افزایش می یابد. با کاهش دما از c ° ۱۲۵۰ تا c ° ۱۰۰۰ ، مصرف سوخت حدود ۲۵٪ افزایش می یابد و از ۲۹۰kg/hr به ۳۶۸kg/hr می رسد.

۳- بررسی تغییر تناژ ورودی در دماهای مختلف، به این نتیجه منجر شد که تغییر تناژ ورود ی در دما ی

1200 ºC، هیچ تاثیری بر مصرف سوخت ندارد .

۴- با افزایش دمای گازهای خروجی از دهانه کوره آند از ۱۲۵۰ ° c به ۱۶۵۰ ° c،مصرف سوخت به میزان ۴۷٪ افزایش می یابد(از ۲۵۰ kg/hr به ۳۶۸ kg/hr می رسد.)

۵- با افزایش اکسیژن از ۲۰ ٪ تا ۱۰۰ ٪ در هوای مصرفی، در محفظه واکنش مصرف سوخت حدود ۷۷ ٪ کاهش می یابد. مصرف گازوئیل از ۲۹۳kg/hr به ۶۶ kg/hr و متان از ۲۸۶kg/hr به ۶۴kg/hr می رسد. حجم هوای گازوییل از ۴۲۲۶Nm3/hr به ۱۸۴Nm3/hr و برای متان از ۴۲۹Nm3/hr به ۲۰۴،۱۶Nm3/hr می رسد که حدود ۹۰٪ کاهش می یابد.

۶- با پیش گرم هوای احتراقی از ۲۵ ° c به ۱۱۰۰ ° c، مصرف گازوییل از ۲۹۳kg/hr به ۱۳۶kg/hr می رسد و مصرف متان از ۲۸۰kg/hr به ۱۳۰kg/hr می رسد که۵۳,۵ ٪ در مصرف سوخت صرفه جویی می شود . همچنین هوای احتراقی گازوییل از ۳۹۶۰ Nm3/hr به ۱۷۷۷ Nm3/hr و متان از ۴۲۹۰ Nm3/hr به ۱۹۳۶Nm3/hr می رسد که مصرف هوا بر هر دو نوع سوخت تقریباً ۵۴ % کاهش می دهد[۱۱۰][۱۱۱][۱۱۲].

۱۰-۴-۶. استفاده از پمپ های گردشی[۴۴]

تلاطم نداشتن و راکد بودن مذاب در کوره ها باعث متمرکز شدن حرارت در سطح مذاب و در نتیجه بالارفتن دمای آن و همچنین افزایش اکسیداسیون سطحی و تولید بیشتر سرباره می شود. اختلاف دمای به وجود آمده در مذاب راکد تا ۱۰۰ °C نیز می رسد که در صورت اختلاط مذاب این مقدار را می توان تا ۴ °C کاهش داد. با استفاده از این نوع پمپ ها می توان مذاب را به حرکت درآورد و درنتیجه اتلاف انرژی از سطح کاهش پیدا می کند. یکسان بودن دمای مذاب باعث افزایش نرخ ذوب، کاهش زمان ذوب، بالا بردن کیفیت محصول و کاهش مصرف انرژی می‌شود. به علاوه، عمر نسوزها نیز با این کار افزایش می یابد، زیرا بیشتر حرارت به فلز منتقل شده و مقدار کمتری از آن جذب نسوزها می شود [۱۰۳].

شکل ۱۰-۲۳. نمایی ساده از پمپ های گردشی

[44] Mechanical circulating pumps

فصل یازدهم:
تحلیل فنی اقتصادی (هزینه-فایده) و اولویت بندی
اجرای راهکارهای صرفه جویی مصرف انرژی درکارخانجات کشور

تحلیل هزینه - فایده روشی برای ارزیابی مزیت نسبی پروژه‌های سرمایه گذاری بر حسب تخصیص بهینه و کارآمد منابع است. هدف تحلیل هزینه - فایده بهبود کارایی منابع در جهت رفاه اقتصادی است. به عبارتی دیگر، هدف از ارزیابی کمک کردن به انتخاب بهترین نوع تصمیم گیری در جهت استفاده بهینه و مطلوب از منابع است.

ارزیابی اقتصادی و مالی بر مبنای مفروضات و متغیرهایی صورت می پذیرد که مقادیر آنها همراه با عدم قطعیت بوده و بنابراین حساسیت و ریسک برآمدهای اقتصادی پروژه باید ارزیابی گردد[۱۱۳].

واحدهای تولید مس در سراسر جهان طی سالهای متمادی دارای مشخصات عمده‌ی زیر بوده‌اند.

۱. قرار گرفتن محل واحدهای ذوب در نزدیکی معادن و مراکز تولید کنسانتره
۲. استفاده از کوره های شعله‌ای و کوره بلند
۳. تمایل به استفاده از مات کم عیار
۴. مصرف زیاد انرژی در واحدهای ذوب
۵. استفاده از نیروی انسانی
۶. عدم کنترل آلودگی محیط زیست به ویژه در مورد گازهای خروجی محتوی SO_2
۷. عملیات کارگاهی و راهبری طاقت فرسا همراه با تعمیرات زیاد کوره های ذوب

با گذشت زمان صنعت مس با مسائل متعددی از قبیل بحران انرژی، کنترل شدید آلودگی محیط زیست، مسائل کارگری، قیمت محصول و ... روبرو گردید که تاثیر زیادی بر اقتصاد واحدهای ذوب، ادامه عملیات، تحولات و توسعه روشها در جهتی قرار گرفت تا به طور موثری هزینه های تولید و مصرف انرژی را به همراه کنترل آلودگی محیط زیست به نحو موثری تعدیل نماید[۱۱۳].

عوامل مهم د ر توسعه واحدهای جدید عبارتند از:

۱. از لحاظ انرژی خود کفا باشند
۲. استفاده از نیروی انسانی کم شود
۳. توانایی تامین قوانین و محدودیتهای زیست محیطی را داشته باشند
۴. انعطاف پذیری لازم برای ذوب کنسانتره های با ترکیبات پیچیده را داشته باشند

۵. امکان استفاده موثر از سرمایه گذاری را فراهم سازند

۱۱-۱. افزایش بازده استخراج مس درمجتمع مس نمونه یک با نگرشی بر عملیات انفجاری

نظر به اهمیت فراوان صنایع مس درکشورهای پیشرفته صنعتی، روشهای بهینه سازی روند استخراج و افزایش بازده تولید مورد توجه ویژه مدیران و مهندسین مربوطه قرار گرفته است. روند رو به رشد صنایع گوناگون در جهان از یک سو، و نیاز روز افزون به فلز استراتژیک مس از سوی دیگر، سبب گردیده است تا تولیدکنندگان اصلی این فلز، افزایش بازده استخراجی را مدنظر داشته و فعالیت های چشمگیری در این راستا بعمل آورند. در این راستا کشورها ی با ذخایر بزرگ مس همانند آمریکا، شیلی، روسیه و... عملیات فنی ویژه ای را برای افزایش بازده تولید بکار می گیرند. شک نیست که ذخایر مس نمونه یک در ایران نیز از جمله معادن بزرگ دنیا محسوب گردیده است، و لذا عنایت ویژه به افزایش بازده تولید می تواند امکان رقابت بیشتر در بازار جهانی مس را برای این معدن فراهم نمایند .

یکی از روشهایی که هم‌اکنون بعنوان متدی مطمئن برای افزایش بازده استخراج بکار گرفته می شود، بازنگری و اصلاح سیستم های حفاری و آتشباری و بهینه سازی عملیات انفجاری است. این روش در معدن مس نمونه یک نیز مورد توجه قرار گرفته و اقداماتی جهت بهینه سازی متدهای انفجاری صورت پذیرفته است[۱۱۴].

۱۱-۱-۱. بررسی عملیات حفاری، آتشباری و استخراج در معدن مس نمونه یک

استخراج مواد معدنی در این مجتمع به کمک حفاری و انفجار صورت می پذیرد. چرخه کلی تولید بدین گونه است که پس از تعیین سینه کار مشخصی جهت استخراج، عملیات حفاری چالهای انفجاری به کمک دریل واگن حفاری در پهنه سینه کارآغاز می گردد. بدیهی است که ویژگیهای چال های انفجاری مانند طول چال، فاصله چال ها از یکدیگر (spacing) فاصله چالها از سطح آزاد (Burden) (پهنه های پوشنده طبقات رویی) و... از پیش تعیین و در هنگام حفاری اعمال گشته و سپس اقدام به پر کردن چال ها بوسیله مواد منفجره (خرج گذاری) می‌گردد. در این مرحله نیز بسیاری از پارامترهای مهم آتشباری از جمله نوع ماده منفجره، میزان خرج ته چال، میزان خرج ستون چال، نوع چاشنی ، میزان گل گذاری (Sreming) ... از قبل مشخص گردیده و در هنگام خرج گذاری سعی در رعایت آنها می شود. سپس عملیات انفجار چالها صورت گرفته و سنگ معدن شکسته شده به کمک ماشین آلات معدنی به محل سنگ شکن اولیه (سنگ شکن ژیراتوری) هدایت شده و پس از خردایش اولیه برای انجام سایر عملیات به کارخانه فرآوری حمل می گردد. تولید سنگ باطله و ماده معدنی از معدن مس نمونه یک تقریبا روزانه ۸۰,۰۰۰ تن می‌باشد که طبق استانداردهای تعریف شده خوراک کارخانه فرآوری سنگ سولفوره مس با عیار حدود یک درصد است. در مناطقی که سنگ های اکسیدی با عیار مس بین ۰/۲۵ ــ ۰/۱۵ درصد موجود است، این سنگها به طرف مناطق آبشویی (Leaching) هدایت گردیده و به وسیله فرآیند آب شویی

باکتریو (Bactrio leaching) مس موجود در آنها بدست می‌آید. همان گونه که آشکار است بسیاری از پارامترهای عملیات حفاری و انفجار می توانند تاثیر مستقیم بر روی نه تنها کیفیت سنگ تولیدی داشته باشند، بلکه بر کمیت آن نیز باید اثرگذار باشند. بعنوان مثال چنانچه عملیات آتشباری با موفقیت صورت گیرد، ابعاد محصولات تولیدی مناسب برای واحد خردایش بوده و عملاً بازدهی این واحد را که بدون پرمصرف‌ترین واحد انرژی بر مجتمع می‌باشد افزایش می‌دهد. ابعاد مناسب سنگ تولیدی می‌تواند بازدهی واحدهای دیگر از جمله بارگیری و باربری را نیز بطور چشمگیری کاهش دهد. از سوی دیگر چنانچه عملیات انفجار با موفقیت انجام نگیرد امکان ایجاد عقب‌نشینی (Back break) (منظور شکستگی‌های ناخواسته ای است که در پشت آخرین ردیف چال های انفجاری ایجاد می‌گردد) نموده که در این صورت نیاز به آتشباری ثانویه خواهد بود. ایجاد مشکلاتی از قبیل ایجاد پاشنه و یا تولید قطعات بسیار بزرگ و... به طور عملی بر کمیت سنگ تولیدی و به دنبال آن کاربرد سایر واحدهای مجتمع اثر گذار خواهد بود.

مطالب یاد شده اهمیت طراحی صحیح عملیات انفجاری را تا حد زیادی تبیین می نماید. در راستای بهینه سازی عملیات حفاری و آتشباری در معدن مس نمونه یک، اقدامات سودمندی در طی دو دهه گذشته صورت پذیرفته است که عملا بازدهی تولید را بطور چشمگیری افزایش داده است با این وجود و نظر به تنوع ساختاری سنگ مس موجود در منطقه، چنین به نظر می‌رسد که می‌توان اقدامات بیشتری در جهت بهینه‌سازی فعالیت های انفجاری انجام داد که سبب افزایش بازدهی تولید ، کاهش هزینه های تولید و در نهایت افزایش بهره وری این مجموعه عظیم صنعتی ـ معدنی خواهد گردید[۱۱۳].

۱۱-۱-۲. پارامترهای مهم طراحی در عملیات آتشباری در معدن مس نمونه یک

استخراج مواد معدنی در معدن مس نمونه یک به کمک عملیات حفاری انفجاری صورت می پذیرد. همانگونه که قبلا اشاره گردیده، نظر به تنوع زیاد در ساختار زمین شناسی منطقه، امکان انتخاب یک الگوی مشخص آتشباری برای کلیه نقاط این منطقه اصولی نبوده ، بلکه باید با توجه به شرایط و ویژگیهای بافتی هر منطقه اقدام به طراحی الگوی آتشباری نمود.

در طراحی عملیات انفجاری موفق چندین پارامتر موثر باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. این پارامترها بطور عمده عبارتند از:

۱- طول چال های حفاری شده (H)

۲- قطر چال های حفاری شده (D)

۳- فواصل چال های از یکدیگر (Spacing) (S)

۴- ارتفاع پله (K)

۵- میزان اضافه حفاری (میزان حفاری مازاد از ارتفاع پله جهت شکستگی مناسب پای پله که تمرکز نیروها در آن منطقه زیاد می‌باشد (U)

۶- فاصله ردیف چال ها از سطح آزاد (Burden) (B)

۷- نوع ماده منفجره به کار گرفته شده (R)

۸- خرج ویژه مصرفی (میزان ماده منفجره بازاء هر تن سنگ تولیدی) (M)

۹- میزان گل گذاری (Steming) (G)

۱۰- وزن پرایمر (primer) (N)

۱۱- وزن خرج اصلی موجود در هر چال (W)

بدیهی است که بسیاری پارامترهای دیگر نیز وجود دارد که در هنگام طراحی مورد توجه قرار می گیر، اما بدون شک فاکتورهای یاد شده از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و انتخاب صحیح آن تاثیر بسزایی در نتایج عملیات انفجاری بجای می‌گذارد.

پارامترهای اشاره شده اغلب به صورت سعی و خطا در معدن مس نمونه یک طراحی و اجرا می‌گردد. چگونگی این فاکتورها در جدول۱۱-۱بطور خلاصه آورده شده است.

ذکر این نکته ضروری به نظر می رسد که پارامترهای فوق الذکر در صورت تعیین اندازه دقیق (لایه های پوشنده سطح آزاد) (Burden) عملا از دقت محاسبه بالایی برخوردار خواهند گردید، چرا که عامل تعیین کننده در تعیین این پارامترها همان اندازه لایه های پوشنده می باشد. محاسبات صورت گرفته بر روی سایر پارامترها با روابط مختلف حاکی از ارتباط مستقیم این پارامتر با سایر پارامترها می‌باشد.

ماده منفجره اصلی که تا چندی پیش در معدن نمونه یک مورد استفاده قرار می‌گرفت ANFO به همراه دینامیت بود. پس از احداث کارخانه موادمنفجره نتیرونوبل در منطقه، خرج مصرفی از آنفو به آمولان (Amulan) تغییر یافت. آمولان از مواد منفجره امولسیونی است که در گروه انفجاری بالا (High Explosive) قرار می‌گیرد. آمولان یا آمولیت (Amolite) از ترکیب نیترات آمونیوم و هیدروکربن سوختی به همراه ماتریکس آمالایت (Amalite) ساخته شده است. نسبت این ترکیبات در آمولان برابر با ۸۰٪ آمولایت و ۲۰٪ انفو است. چگالی آمولان در حدود31.38-1.37 gr/cm3 بوده و میزان انرژی تولیدی آن معادل با ۳-۳,۳ مگاژول بر کیلوگرم میباشد. سرعت انفجار در حدود 500 m/s بوده و به وسیله کامیونهای مخصوص در چال ها خرج گذاری شده در داخل چال‌ها توسط عامل فعال کننده ای به نام گزینک (Gesing) فعال می‌گردد.

از مزایای آمولان می‌توان به ایمنی بالا در هنگام خرج‌گذاری (بدلیل فعال شدن خرج در داخل چال)، مقاومت بالا در مقابل آب ، سرعت و قدرت انفجار مناسب، امکان تغییر چگالی ماده منفجره با ایجاد حباب در

شبکه آمالایت در چال با توجه به قدرت مورد نیاز (لازم به توضیح است که چگالی ماده منفجره آمولان در چال به وسیله حباب هوا به حدود 1.2 gr/cm3 تقلیل می‌یابد)، خرج‌گذاری آسان، قیمت مناسب، و غیره نام برد. از مشکلاتی که در کار با آمولان در نمونه یک وجود دارد عدم دسترسی و استفاده از ماده منفجره مناسب بعنوان پوستر در چالها می‌باشد، چرا که به علت سرعت انفجاری بالای آمولان، عملا دینامیت (سرعت انفجار در حدود 2000 m/s) نمی تواند بعنوان بوستری مناسب مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه چال های انفجاری در نمونه یک در حال حاضر بدون بوستر منفجر می گردند که این، با توجه به طول زیاد چال می تواند تاثیر منفی بر بازدهی تولید گذارد.

جدول۱۱-۱. فاکتورهای مهم طراحی عملیات حفاری و انفجار در مجتمع مس نمونه یک

توضیحات	پارامترهای اصلی طراحی حفاری و آتشباری در مجتمع سرچشمه										
تغییرات spacing اضافه حفاری وزن پرایمر و وزن خرج اصلی برحسب شرایط نقاط مختلف متفاوت	وزن خرج اصلی W (Kg)	وزن پرایمر N (Kg)	Stming G (m)	جرم ویژه M gr/ton	نوع ماده منفجره R	Birdent B (m)	Suhd Riling U (m)	Spacing S (m)	قطر چال D (nun)	طول چال H (m)	ارتفاع پله K (m)
	330-400	1-25	7-7.5	0.15-0.18	Amulan	7.5	3.35	8.5-10	200	15	12

لازم به توضیح است که در عملیات انفجار در معدن نمونه یک، جهت تاخیر بین ردیف چالها از چاشی میله ثانیه‌ای با تاخیر ۱۵-۲۰ میلی ثانیه استفاده می‌گردد. جهت انتقال آتش از فتیله کوتکس (CORTEX) با سرعت 6m/sاستفاده می‌گردد[۱۱۴].

۱۱-۱-۳. ارزیابی مشکلات موجود در عملیات انفجاری معدن مس سرچشه و ارائه راهکارهای عملی جهت بهبود وضعیت آتشباری

اگرچه تغییرات انجام شده در سیستم انفجاری معدن سرچشه بسیاری از مشکلات عمده عملیات حفاری و آتشباری را در این مجتمع کاهش داده و سبب بهینه سازی بازدهی استخراج گردیده است، لیکن بررسی های بعمل آمده نشان می دهد که اقدامات دیگری نیز می تواند به روند استخراجی در بهینه در این معدن کمک نماید. با توجه به طرح توسعه معدن مس نمونه یک که میزان تولید مس را برای سال ۱۳۸۱ معادل ۲۸۰،۰۰۰ تن برآورد می کند (میزان تولید در سال ۱۳۷۹ معادل ۱۴۷،۰۰۰ تن گزارش گردیده است)، ارزیابی مشکلات عمده در عملیات حفاری و انفجار و در نهایت تولید سنگ مس از اهمیت ویژه ای برخوردار می‌باشد.

عمده مشکلاتی که در ارتباط با عملیات حفاری و انفجار در معدن مس نمونه یک (یا هر معدن بزرگ دیگری) ممکن است پدید آید بصورتی جالب طبقه بندی شده و واحدهای سازمانی مجتمع نمونه یک که به صورت مستقیم وظیفه رفع مشکل را بعهده دارند مشخص گردیده است (شکل۱۱-۱) . همانگونه که در شکل مشاهده می گردد واحدهایی که مستقیماً مسئولیت حفاری و آتشباری و رفع نقائص موجود را دارند سه واحد حفاری، آتشباری، و برنامه ریزی می باشند. غالب مشکلاتی که در عملیات حفاری، آتشباری و تولید مشاهده می‌شوند در بخش میانی تشکیلات (شکل۱۱-۱) آورده شده است. این مشکلات بطور عمده به نه گروه کلی تقسیم گشته‌اند. در نهایت ، در بخش پایانی این تشکیلات ، راه حل های گوناگون برای رفع این معضلات پیشنهاد گردیده است. ارتباط مستقیم هر یک از مسائل مشاهده شده با بخش مربوطه (بخش مسئول) با خطوط کامل و ارتباط غیرمستقیم با بخش های دیگر با خطوط منقطع نمایش داده شده است.

علاوه بر مشکلات کلی یاد شده که بسیاری از آنها در زمانهای مختلف در معدن مس نمونه یک مشاهده گردیده است، محاسبات بعمل آمده در خصوص بعضی از پارامترهای مهم طراحی سیستمهای حفاری و آتشباری جاری این معدن نیز انجام گرفته است که می‌تواند به افزایش راندمان تولید کمک نماید.

از آنجا که پارامتر طبقات رویی یکی از مهمترین و اساسی ترین فاکتورهای طراحی استخراجی در معادن روباز محسوب می‌گردد و با توجه به این که اصول طراحی و پارامترهای آتشبازی را این فاکتور تعیین می‌نماید، لذا تعیین اندازه بهینه آن و محاسبه سایر پارامترها با روابط متعارف می تواند کمک موثری در اجرای یک طراحی موفق نماید. در محاسبات آتی تعین اندازه طبقات رویی با روابط متعارف صورت گرفته و نمودار مقایسه ای بین آنها ترسیم گردیده است.

۱- ضریب سفتی (Sriffness Ratio) یا نسبت ارتفاع پله (K) به طبقات رویی .(B) این نسبت در معدن مس نمونه یک در حدود ۱/۶ می‌باشد در شرایط مطلوب تر این نسبت در حدود ۳ تا ۴ در نظر گرفته می‌شود.

۲- طبقات رویی محاسبه شده بر اساس روابط متداول بدین طریق است (رجوع به جدول۱۱-۱):

(۱)رابطه نیترونوبل $B=45\ D/1000$

از رابطه (۱) میزان طبقات رویی برابر است با:

$$B= 45 \times 250/1000=11.25m$$

(۲) رابطه Konya $B=0.038\ D.\left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{1/3}$

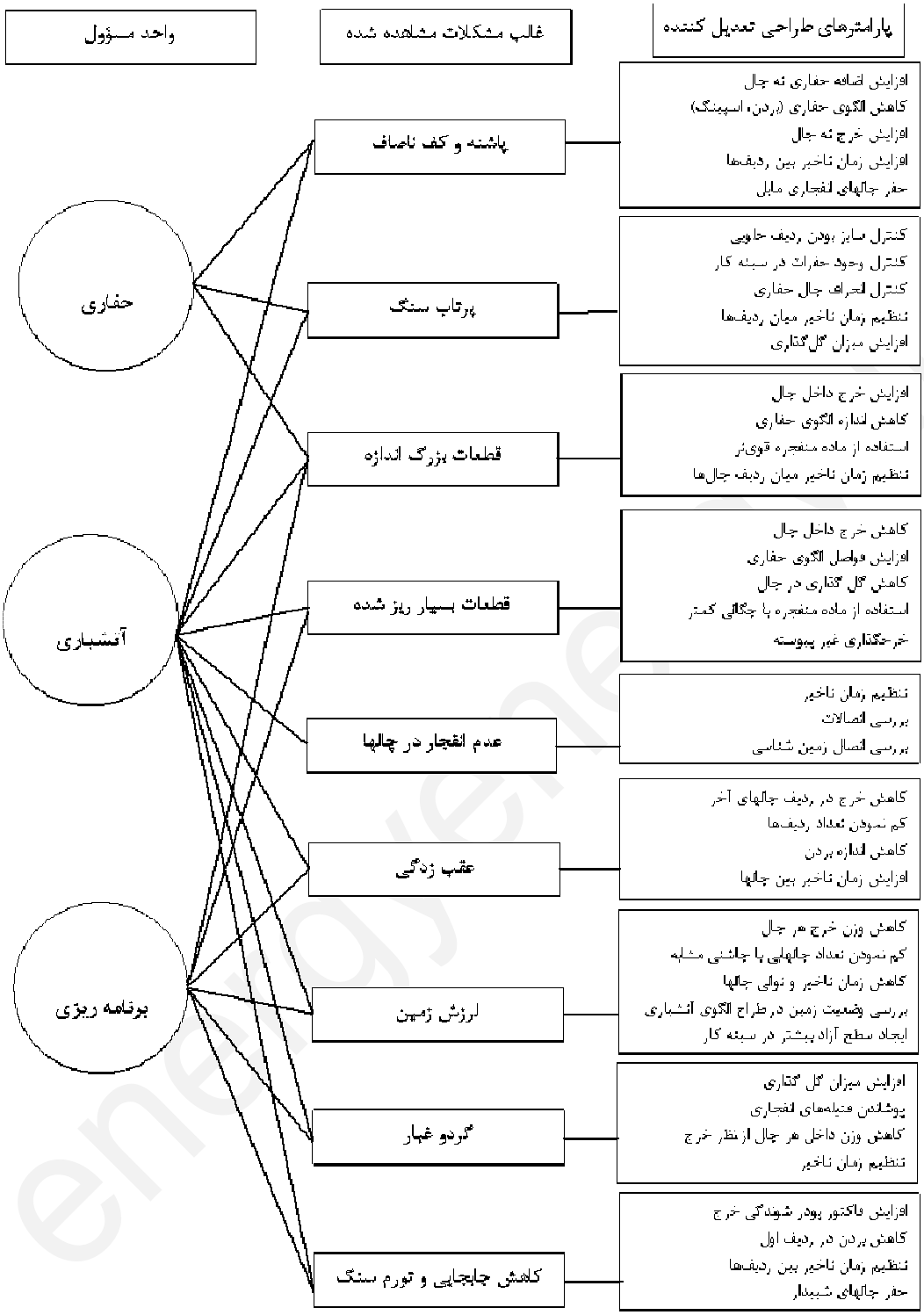
در رابطه SGr, Sge, 2 به ترتیب عبارتند از وزن مخصوص ماده منفجره و سنگ

از رابطه (۲) میزان طبقات رویی برابر است با : $B= 0.038\times250\ (1.25/4.2)^{1/3} =6.30$

رابطه Ash (۳) $B = \left(\frac{2SGe}{SGr} + 1.5\right) D$

از رابطه (۳) میزان طبقات رویی برابر است با: B= (2×1.25/4.2+1.5) (250/10×0.394)=20.669ft=6.3m

energyenergy.ir



شکل۱۱-۱. مشکلات عمده حفاری و انفجار و راهکارهای پیشنهادی جهت رفع معضلات طراحی بصورت شماتیک

(۴) رابطه Anderson

$$B= (D.K)^{1/2}$$

از رابطه (۴) میزان طبقات رویی برابر است با:

$B=(9.875 * 12.5)^{1/2} = 20.12ft = 6.13m$

(۵) رابطه Tumb $B=(25to\ 35)D/12$

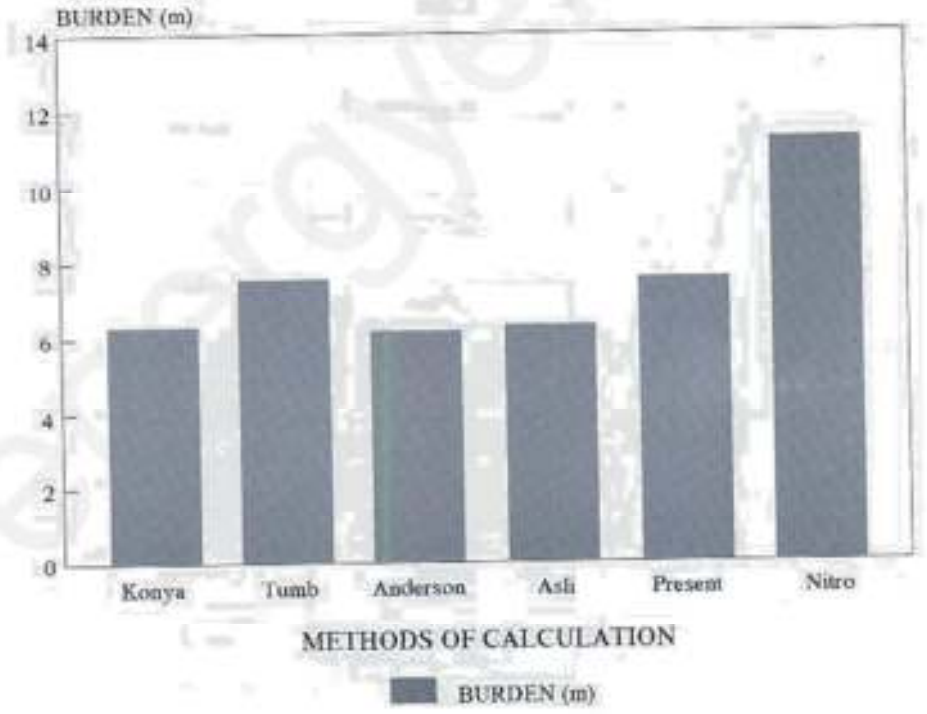
از رابطه (۵) میزان طبقات رویی برابر است با :

$B = 30 * 9.875/12 = 24.688ft = 7.5m$

میزان طبقات رویی فعلی معدن مس نمونه یک در حال حاضر 7.5 m می‌باشد.

تبدیل سانتیمتر به اینچ (1cm=0.394inch)

این محاسبات بصورت نمودار میله‌ای در شکل۱۱-۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که انتخاب میزان طبقات رویی مناسب می‌تواند کمک قابل توجهی به افزایش بازدهی تولید نماید، چرا که معمولاً کاهش میزان طبقات رویی و افزایش Spacingدر (S در جدول۱۱-۱) سبب کاهش میزان خرج گذاری، افزایش ضریب سفتی (Stiffness Ratio) و افزایش بازدهی استخراج می‌گردد.



شکل۱۱-۲. محاسبه بردن (Burden) به روشهای گوناگون برای معدن نمونه یک

نتیجه گیری:

در این پژوهش معدن مس نمونه یک و عملیات حفاری و انفجاری و تولید سنگ استخراجی و راه کارهای عملی جهت افزایش بازدهی تولید مورد بررسی دقیق قرار گرفته است .مشکلات اصلی این معدن که در ارتباط با عملیات حفاری و آتشباری می‌باشد شناسایی گردیده‌اند. این مشکلات بطور عمده وجود آب در پله‌های استخراجی، گه گاه ریزش پله‌ها، عقب زدگی (Back Break) ، تولید سنگهای کوچکتر از اندازه‌های مطلوب و گاهی افزایش هزینه‌های تولید و کاهش بازدهی تولید تشخیص داده شد. راهکارهای عملی جهت برطرف نمودن معضلات فعلی و مشکلاتی که در آینده ممکن است در عملیات استخراجی این معدن است پدید آید ارائه گردید. این راهکارها بطور عمده در خصوص ایجاد تغییراتی در الگوی حفاری، محاسبه پارامترهای طراحی در عملیات آتشباری، و بهینه سازی مواد منفجره مورد استفاده و سیستم‌های آتشباری است. بدیهی است که در صورت بکارگیری این راهکارها، امکان کاهش هزینه‌های تمام شده محصولات این مجتمع و در نتیجه افزایش قدرت رقابت بیشتر در بازارهای جهانی، و رشد و توسعه معدن نمونه یک را در پی خواهد داشت[۱۱۳].

۱۱-۲. برنامه‌ریزی مدیریت بار با هدف کاهش هزینه‌های انرژی و دستیابی به مقادیر بهینه مصرف انرژی

مدیریت بار به معنی تغییر و بهینه سازی مصرف انرژی با حفظ سطح تولید می باشد. بنابراین کنترل رشد بار، تغییر شکل منحنی بار، صرفه جویی در مصرف برق و استفاده از منابع اختصاصی (مثل استفاده از دیزل) همگی در این مقوله می گنجد. راه‌های مختلفی جهت اصلاح منحنی بار وجود دارند. از آن جمله می توان به پیک سایی، پر کردن دره ها و انتقال بار اشاره نمود. با توجه به اهمیت پیک‌سایی در مصرف انرژی الکتریکی، وزارت نیرو سیاست‌های تشویقی خاصی برای کارخانه‌هایی که در ساعات پیک بار، مصرف انرژی الکتریکی خود را کاهش می‌دهند اعمال می‌نماید. لذا این راهکار به عنوان روشی که در کاهش قیمت محصول تولیدی مؤثر است می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

منحنی بار طی مدت شبانه روز دارای وضعیت حداکثر و حداقل مصرف می‌باشد. مدت زمان حداکثر بار، ساعات اوج یا پیک مصرف و مدت زمان حداقل بار، ساعات کم باری نامیده می شود. در تعرفه های برق مدت تعیین شده برای ساعات پیک ۴ ساعت و زمان آن برای بیشتر صنایع در شش ماهه اول سال بین ساعات ۱۹ الی ۲۳ و در شش ماهه دوم سال بین ساعات ۱۸ الی ۲۲ می باشد.

در مجتمع مس نمونه یک برخی قسمت‌های خط تولید هستند که امکان مدیریت بار و مدیریت خاموشی روی آن‌ها وجود دارد و در ساعات پیک می‌توان آنها را از مدار خارج کرد بدون اینکه تاثیری در خط تولید داشته باشند. به عنوان نمونه واحد سنگ شکن و نوار نقاله های مربوطه یکی از قسمت‌هایی است که در ساعات پیک

می‌توانند از مدار خارج شوند.

با برنامه ریزی روی ساعات کار واحد سنگ شکن، می‌توان زمان‌های کاری که در ساعات اوج بار می‌باشد را به ساعات کم باری انتقال داد، البته بحث کاهش مصرف در ساعات پیک باید طوری باشد که شرایط ایمنی لحاظ شده و بر شرایط تولید و بهره برداری تأثیر نامطلوب نداشته باشد. با توجه به اینکه در هر شبانه روز این واحد به طور ناپیوسته کار می‌کند و نیز بر اساس نتایج اندازه گیری، مقدار مصرف توان واحد مذکور به همراه نوار انتقال مواد برابر با 1100 کیلووات می باشد. اگر انتقال مجموع ساعات کاری یاد شده از زمان اوج بار به کم‌باری انجام گیرد، مقدار صرفه‌جویی هزینه سالیانه (برای یک ساعت کارکرد روزانه سنگ شکن) با توجه به تعرفه های مصرف وزارت نیرو برابر است با: (محاسبات مطابق گزینه ۳ تعرفه صنعت و معدن در سال ۹۴ انجام گرفته است)

هزینه سالیانه کارکرد در پیک بار : ۱۱۰۰(kw) × ۱ (ساعت) × ۳۳۰ (روز) × ۱۲۸۲ = ۴۶۵۳۶۶۰۰۰ (Rials/year)

هزینه سالیانه کارکرد در کم باری : ۱۱۰۰(kw) × ۳۳۰(روز) × ۳۲۰,۵ = ۱۱۶۳۴۱۵۰۰ (Rials/year)

میزان صرفه جویی هزینه سالیانه : ۴۶۵۳۶۶۰۰۰ - ۱۱۶۳۴۱۵۰۰ = ۳۴۹۰۲۴۵۰۰ (Rials/year)

به همین ترتیب برای فیدرهای معدن که مربوط به مصارف ماشین‌های معدن (شاول ها، دریل ها، کارگاه های مختلف) می‌باشند، می‌توان میزان تغیرات هزینه در صورت تغییر ساعات شیفت کاری از اوج بار به کم باری را محاسبه نمود، یعنی تعویض شیفت کاری در زمان‌های اوج بار تنظیم شود. با انجام این کار میزان صرفه جویی هزینه سالیانه برای یک ساعت کاری روزانه حدود (Rials/year) ۴۵۰۰۰۰۰۰ خواهد بود.

در کارخانه ذوب نمونه هشت نیز برخی قسمت‌های خط تولید هستند که امکان مدیریت بار و مدیریت خاموشی روی آنها وجود دارد و در ساعات پیک می‌توان آنها را از مدار خارج کرد بدون اینکه تأثیری در خط تولید داشته باشد. بخش هایی از کارخانه که بطور غیر مستقیم در پروسه خط تولید دخالت دارند را می‌توان در زمان پیک از مدار خارج کرد. از جمله این بخش ها می‌توان به قسمت‌های کارگاهی، بخصوص کارگاه تراشکاری و آهنگری اشاره کرد. همچنین برخی تجهیزات مانند پمپ‌های آب مربوط به چاه آب، پمپ‌های فرستنده آب و پمپ‌های مربوط به آبیاری قطره‌ای و کشاورزی را نیز می‌توان در ساعات پیک از مدار خارج کرد. علاوه بر این در زمان کاهش تولید می‌توان برخی قسمت‌های پر مصرف را مدیریت کرد.

در مجتمع مس نمونه دو نیز برخی قسمت های خط تولید هستند که امکان مدیریت بار و مدیریت خاموشی روی آنها وجود دارد. به عنوان نمونه واحد سنگ شکن و نوار نقاله های مربوطه یکی از قسمت‌هایی است که در ساعات پیک می توانند از مدار خارج شوند. مصرف انرژی الکتریکی واحد سنگ شکن مذکور به همراه نوار انتقال مقدار مصرف توان برابر با 250kW می باشد، اگر انتقال مجموع ساعات کاری یاد شده از زمان اوج بار به کم باری

انجام گیرد مقدار صرفه جویی هزینه سالیانه برای یک ساعت کاری روزانه حدود (Rials/year) ۷۹۰۰۰۰۰۰ می‌باشد.

در مجتمع مس نمونه چهار نیز واحد سنگ شکن و نوار نقاله‌های مربوطه، واحد خردایش و برخی قسمت هایی که نیاز به کار پیوسته ندارند و خاموش شدن آنها تأثیر مستقیم در خط تولید ندارند امکان مدیریت بار و مدیریت خاموشی روی آن‌ها وجود دارد.

مصرف انرژی الکتریکی واحد سنگ شکن حدود 150kW می‌باشد. اگر انتقال مجموع ساعات کاری یاد شده از زمان اوج بار به کم باری انجام گیرد مقدار صرفه جویی هزینه سالیانه برای یک ساعت کاری روزانه با توجه به تعرفه‌های مصرف وزارت نیرو حدود (Rials/year) ۴۷۵۰۰۰۰۰ می باشد[۱۲۲].

۱۱-۳. کلاس بندی الکتروموتورها بر اساس میزان بارگذاری

در مورد موتورهای الکتریکی بیشترین صرفه جویی را می توان با خاموش کردن موتورهای بی بار و در نتیجه حذف تلفات بی باری بدست آورد. روش ساده آن در عمل، نظارت دائم یا کنترل اتوماتیک است. اغلب به مصرف برق در بی باری اهمیت چندانی داده نمی شود در حالیکه غالباً موتور در بی باری جریان قابل توجهی دارد.

در ابتدا می توان کلاس بندی الکتروموتورها براساس میزان بارگذاری آنها را به سه دسته زیر تقسیم نمود:

کلاس a :الکتروموتورهای با بارگذاری بین ۷۰٪ تا ۱۰۰٪

کلاس b :الکتروموتورهای با بارگذاری بین ۵۰٪ تا ۷۰٪

کلاس c: الکتروموتورهای با بارگذاری کمتر از ۵۰٪

و سپس وضعیت مصرف انرژی آن‌ها را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

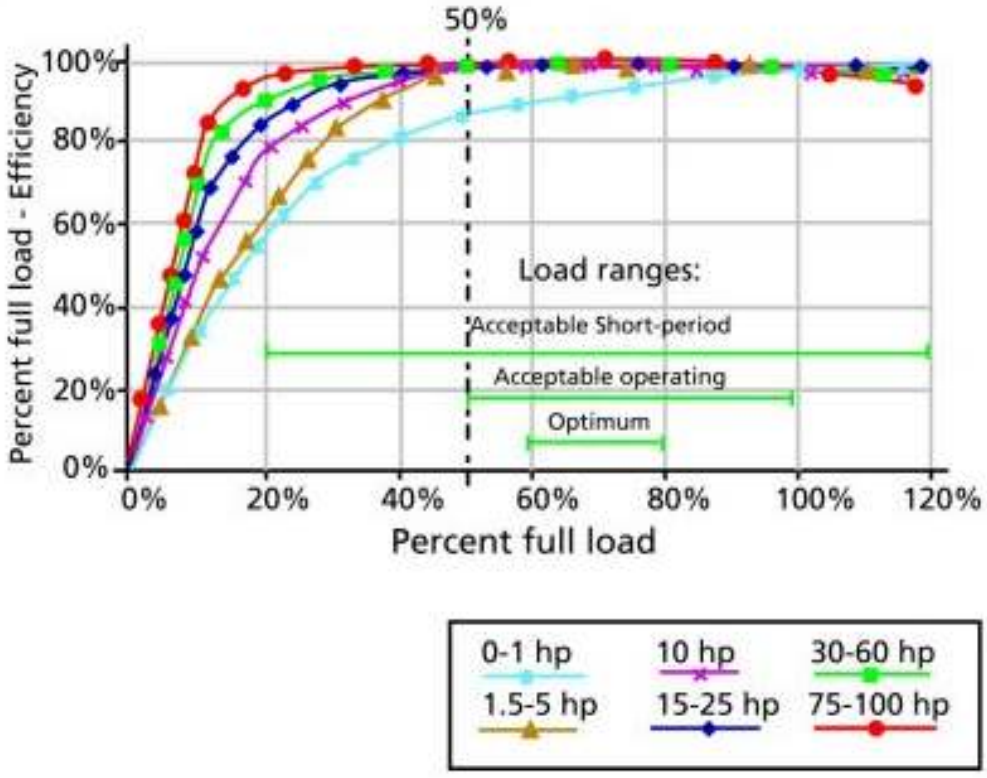
براساس طبقه بندی ارائه شده، موتورهای کلاس a در وضعیت بهینه می باشند، کلاس b در وضعیت نرمال می‌باشند، یعنی از لحاظ بار گذاری وضعیت مطلوبی دارند اما امکان بهینه کردن آن‌ها وجود دارد و می‌توان برخی راهکارها را روی آن‌ها اعمال کرد. موتورهای کلاس c از لحاظ مصرف انرژی وضعیت مناسبی نداشته و می بایست مورد بررسی قرار گیرند.

براساس اطلاعات سال ۱۳۹۱ در مجتمع مس نمونه یک ۲۰ درصد از موتورهای الکتریکی موجود با سطح ولتاژ ۳۸۰ تا ۶۰۰۰ ولت در دسته بندی c قرار گرفته، که از این مقدار ۵ درصد آن مربوط به سطح ولتاژ ۶۰۰۰ ولت، ۱درصد مربوط به سطح ولتاژ ۴۴۰ و ۱۸درصد آن مربوط به سطح ولتاژ ۳۸۰ ولت بوده است.

موتورهایی که در دسته بندی c قرار گرفته اند، از لحاظ بارگذاری در وضعیت خوبی نیستند و میزان بارگذاری آنها پایین می‌باشد. لذا باید مورد بررسی قرار گیرند تا در صورت امکان بهینه شوند. لازم به ذکر است که ۲۰ درصد از این گروه دارای سیستم کنترل دور می‌باشند. با استناد به مقاله ارائه شده از جانب سازمان انرژی امریکا (که دیاگرام راندمان موتور بر حسب مقدار توان آن در شکل۱۱-۳ ارائه شده است)، جایگزین کردن

موتورهای اورسایز غالبا برای بهبود راندمان موتورهای توان پائین مفید است و برای موتورهای توان بالا، جـایگزین کردن آنها با موتورهای مناسب تر چندان تأثیری در افزایش راندمان موتور نخواهند داشت.

شکل۱۱-۳ نمودار میزان تغییرات راندمان بر اساس بارگذاری موتور را برای موتورهـای کمتـر از ۱۰۰ اسـب بخار نشان می‌دهد. در این نمودار برای موتورهای کوچک، اگر میزان بارگذاری کمتر از ۵۰ درصـد شـود، رانـدمان موتور به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. این مورد برای موتورهای ۱۰۰ اسب بخار و بزرگتر در بارگذاری کمتر از ۲۰ درصد اتفاق می‌افتد[۱۲۲].

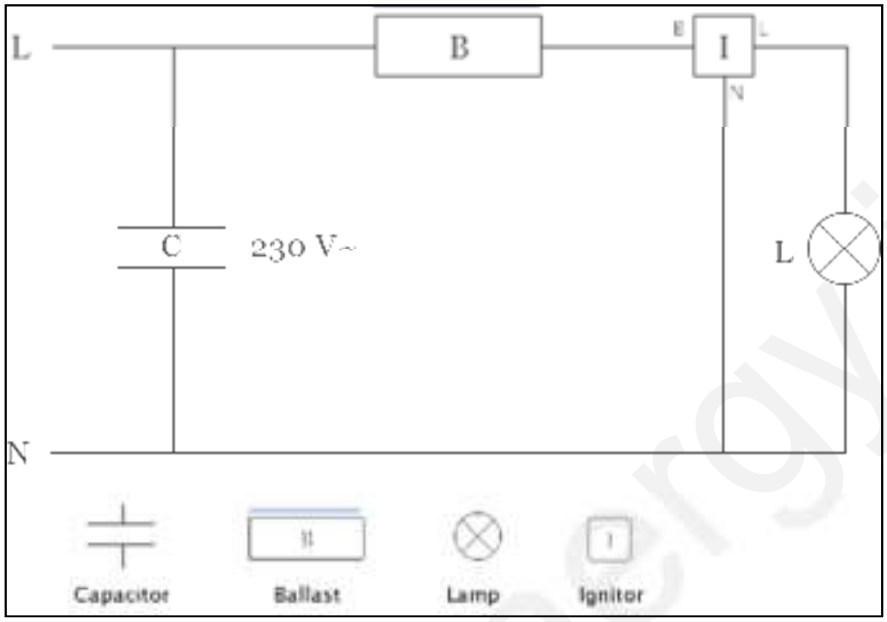


شکل۱۱-۳. دیاگرام راندمان موتور بر حسب مقدار توان آن

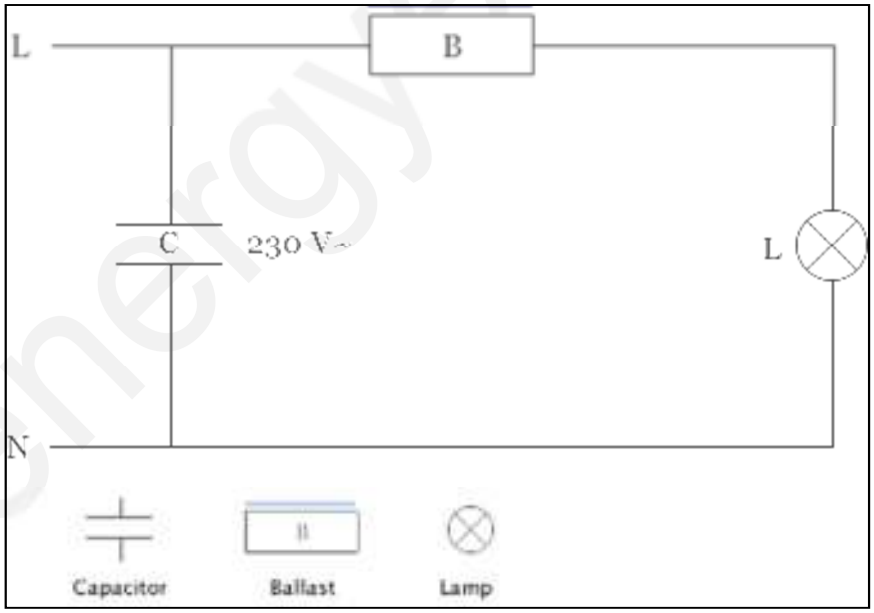
۱۱-۴. ارائه راهکارهای کاهش مصرف در بخش روشنایی سالن‌های تولید و معابر

۱۱-۴-۱. استفاده از لامپ های متال هالید به جای بخار جیوه

لامپ‌های متال هالید از نظر ساختمان ماننـد لامـپ هـای جیـوه پرفشـار هسـتند. تفـاوت اصـلی آن هـا بـا لامپ‌های جیوه پرفشار در این است که در حباب داخلی آن ها علاوه بر جیوه مقدار کمی از نمـک هـای هـالوژنی وارد می‌کنند. همچنین لامپ های متال هالید برای راه انـدازی نیـاز بـه ایگنـایتور (Ignator) دارنـد. نمونـه مـدار لامپ‌های متال هالید و بخار جیوه در شکل۱۱-۴ و شکل۱۱-۵ آورده شده است.



شکل۱۱-۴. مدار مربوط به لامپ متال هالید



شکل۱۱-۵. مدار مربوط به لامپ بخار جیوه

یکی از راه‌های کاهش مصرف انرژی الکتریکی، استفاده از لامپ‌های متال هالید به جای لامپ‌های بخار جیوه

می‌باشد. در جدول۱۱-۲ مشخصات فنی لامپ‌های بخار جیوه ۲۵۰ وات و لامپ‌های متال هالید ۱۵۰وات با یکدیگر مقایسه شده اند.

جدول۱۱-۲. مقایسه مشخصات لامپ های بخار جیوه ۲۵۰ وات و متال هالید۱۵۰ وات[۱۱۷]

مشخصات	لامپ بخار جیوه	لامپ متال‌هالید
توان مصرفی (وات)	250	150
شار نوری (لومن)	14,000	12,000
طول عمر متوسط (ساعت)	16,000	20,000
قطر (میلی متر)	90	47
پایه لامپ	E40	E40
طول لامپ (میلی متر)	226	208
بازده (لومن بر وات)	56	80
ضریب تشخیص رنگ(Ra)	40	90

همانطور که از جدول۱۱-۲ ملاحظه می‌شود، لامپ متال‌هالید نسبت به بخار جیوه دارای مزایایی از جمله توان پایین‌تر (با شار نوری تقریباً برابر)، بازده زیادتر و ضریب تشخیص رنگ بهتر می‌باشد. برای استفاده از لامپ متال‌هالید فقط کافی است یک استارتر به مدار لامپ بخار جیوه اضافه شود.

۱۱-۴-۲. تحلیل اقتصادی استفاده از لامپ های متال هالید ۱۵۰ به جای بخار جیوه ۲۵۰

استفاده از لامپ های متال هالید به جای بخار جیوه به طور تقریبی 3800 لامپ متال هالید در مجتمع مس نمونه یک و 500 لامپ متال هالید در نمونه دو و 1000 لامپ متال هالید در نمونه چهار و با فرض کارکرد متوسط 18 ساعت در شبانه روز برای روشنایی معابر و خط تولید و 365 روز در طول سال که باعث صرفه جویی در مجتمع مس نمونه یک به میزان 2500000 kWh/year ، در نمونه دو حدودا 330000 kWh/year و در نمونه چهار نیز حدودا 660000 kWh/year می شود.

با هزینه‌ی سرمایه گذاری (خرید و تعویض) 2.3 میلیارد ریال در مجتمع مس نمونه یک و میزان صرفه‌جویی 1.15 میلیارد ریال (مطابق گزینه ۳)، زمان بازگشت سرمایه 2.2 سال می باشد. به طور مشابه در نمونه دو و نمونه

چهار نیز، زمان بازگشت سرمایه حدودا 2.2 سال می باشد[۱۱۸].

۱۱-۵. ارائه راهکارهای کاهش مصرف در بخش روشنایی ساختمان‌های اداری

۱۱-۵-۱. استفاده از لامپ‌های فلورسنت قطر کم (T8)

یکی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی در روشنایی ساختمان‌ها در صورتیکه تغییر ساختاری زیاد مدنظر نباشد، استفاده از لامپ‌های فلورسنت قطر کم (T8) و ترجیحاً از نوع ترای بند بجای لامپ‌های فلورسنت معمولی می‌باشد.

مزایای استفاده از لامپ فلورسنت قطر کم (T8) با پوشش ترای بند نسبت به لامپ‌های فلورسنت معمولی عبارتند از:

- افزایش طول عمر لامپ
- افزایش بهره نوری و شار نوری
- افت نور کمتر
- ثابت بودن شار نوری با گذشت زمان
- توان مصرفی ثابت و همچنین کاهش مصرف به میزان حداقل ۱۰٪
- شاخص نمود رنگ مناسب

در جدول۱۱-۳ به مقایسه مشخصات لامپهای فلورسنت معمولی (T10) و لامپهای فلورسنت قطر کم (T8) با پوشش ترای بند پرداخته می‌شود[۱۱۸].

جدول۱۱-۳. مقایسه مشخصات لامپهای فلورسنت

مشخصات	لامپ فلورسنت معمولی (*T10*)	لامپ فلورسنت قطر کم (*T8*) با پوشش ترای بند
توان مصرفی (وات)	40	36
شار نوری (لومن)	2500	3250
طول عمر متوسط لامپ (ساعت)	13000	15000
قطر لامپ (میلیمتر)	32	26
پایه لامپ	G13	G13
افت شار نوری بعد از ۴۰۰۰ ساعت	20%	7%
طول لامپ (میلیمتر)	1200	1200
شاخص نمود رنگ (CRI)	70<Ra<80	80<Ra<90

بازده (لومن بر وات)	62.5	90

۱۱-۵-۲. تحلیل اقتصادی استفاده از لامپ‌های فلورسنت قطر کم (T8)

تعداد لامپ‌های فلورسنت معمولی در مجتمع مس نمونه یک حدود 11000 عدد، در نمونه هشت 4300عدد، در نمونه دو 2000 عدد و در نمونه چهار 4300 لامپ می‌باشد. با فرض کارکرد متوسط 18 ساعت در شبانه روز برای روشنایی معابر و خط تولید و 365 روز در طول سال، صرفه جویی انرژی سالیانه در مجتمع مس نمونه یک در حدود 28900 kWh/year، در نمونه هشت حدودا 113000kWh/year، همچنین در نمونه دو 53000kWh/year و در نمونه چهار نیز 113000kWh/year می شود.

با در نظر گرفتن هزینه ی سرمایه گذاری (خرید و تعویض) حدود 550,000,000 ریال در مجتمع مس نمونه یک و میزان صرفه‌جویی (مطابق گزینه ۳) معادل 185,000,000، بازگشت سرمایه گذاری 5 سال می‌باشد. به صورت مشابه زمان بازگشت سرمایه در نمونه هشت، نمونه دو و نمونه چهار نیز حدود 5 سال خواهد بود.

۱۱-۶. استفاده از بالاست‌های الکترونیکی

تمامی لامپ‌های فلورسنت و تخلیه گازی به منظور راه‌اندازی و کار نیاز به تجهیزاتی به نام بالاست دارند. بالاست، ولتاژ بالایی را برای شروع تخلیه به لامپ اعمال می‌کند و پس از آن به سرعت جریان لامپ را محدود می‌کند. پیشرفت‌هایی که در فناوری ساخت بالاست برای سیستم روشنایی صورت گرفته منجر به بهبود عملکرد، افزایش بازده و کاهش مصرف انرژی در این سیستم شده است.

نمونه ای از این فناوری نوین تولید بالاست‌های الکترونیکی است که استفاده از آنها یکی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی می‌باشد.

بالاست‌های الکترونیکی دارای خصوصیات زیر هستند:

- افزایش بازده نور
- تلفات کمتر، بازده بیشتر
- کاهش وزن مدار
- افزایش ضریب توان مدار و کاهش توان راکتیو، عدم نیاز به خازن‌گذاری جهت ایجاد ضریب توان
- راه‌اندازی کنترل شده و شرایط کاری مطلوب تر (افزایش عمر لامپ)
- قابلیت روشن نمودن یک تا چهار لامپ به طور موازی
- عدم مصرف انرژی در حالت لامپ سوخته
- محافظت از لامپ در مقابل نوسانات برق
- دارای طول عمر بالاتر نسبت به بالاست‌های القایی

۱۱-۶-۱. تحلیل اقتصادی استفاده از بالاست‌های الکترونیکی

برای هر چراغ مهتابی دو قلو، یک عدد بالاست الکترونیکی در نظر گرفته شده است و این در حالی است که هر بالاست مغناطیسی تنها برای یک لامپ فلورسنت بکار می‌رود.

لازم بذکر است که تلفات بالاست مغناطیسی برای یک لامپ فلورسنت ۴۰ واتی، ۱۰ وات و تلفات بالاست الکترونیکی ۲ وات در نظر گرفته شده است.

به عبارتی با جایگزینی بالاست مغناطیسی با بالاست الکترونیکی در چراغ‌های دو قلو، برای هر لامپ فلورسنت ۴۰ وات به طور میانگین، ۹ وات پتانسیل صرفه‌جویی خواهیم داشت.

تعداد بالاست الکترنیکی لازم در مجتمع مس نمونه یک حدود 5500 عدد (11000 لامپ فلورسنت) ، 2150 عدد (4300 لامپ فلورسنت) در نمونه هشت، 1000 عدد (2000 لامپ فلورسنت) در نمونه دو و 2150 عدد (4300 لامپ فلورسنت) در نمونه چهار می باشد. با فرض کارکرد متوسط 18 ساعت در شبانه روز و 365 روز در طول سال که باعث صرفه جویی در مجتمع مس نمونه یک به میزان 650,000kWh/year، در نمونه هشت حدودا 254,000kWh/year، در نمونه دو 59,000kWh/year و در نمونه چهار نیز 254,000kWh/year می شود.

با توجه به هزینه ی سرمایه گذاری لازم جهت استفاده از بالاست الکترونیکی (خرید و تعویض) حدود 825,000,000 ریال و هزینه صرفه‌جویی در حدود 417,000,000 ریال در مجتمع مس نمونه یک، با درنظر گرفتن ۵درصد هزینه سرمایه‌گذاری به عنوان هزینه‌های عملیاتی(هزینه تعمیر نگهداری و ...) حدود 40 میلیون ریال، زمان بازگشت سرمایه تقریبا ۴ سال خواهد بود. به طور مشابه زمان بازگشت سرمایه در نمونه هشت، نمونه دو و نمونه چهار نیز ۴ سال خواهد بود [۱۲۲] .

۱۱-۷. استفاده از درایو کنترل دور (VSD) بر روی موتورها

استفاده از تکنولوژی الکترونیک قدرت (Power Electronic) به طور مستمر بهره‌وری و کیفیت فرآیندهای صنعتی مدرن را بی‌وقفه بهبود می بخشد. تخمین زده می‌شود که با استفاده از این تکنولوژی، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد امکان صرفه‌جویی انرژی الکتریکی وجود دارد.

نیروی محرکه بیشتر پمپ‌ها و فن‌ها، موتورهای القایی هستند که در دور ثابت کار می‌کنند. درایوها دستگاه‌هایی هستند که توان ورودی با ولتاژ و فرکانس ثابت را به توان خروجی با ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل می‌کنند. باید توجه کرد که دور یک موتور تابعی از فرکانس منبع تغذیه آن است.

استفاده از موتورهای مجهز به کنترل کننده دور، امکان اعمال تغییرات لازم در سرعت موتور فن یا پمپ را به طور دائم فراهم آورده و بدین ترتیب می‌توان با توجه به فرآیند مورد نظر از اتلاف انرژی ایجاد شده در اثر تنظیم کننده‌های مکانیکی جلوگیری کرد. با استفاده از درایو متناسب با بار، هرگونه نیاز به خاموش و روشن

کردن موتور و یا ادوات تنظیم کننده نظیر شیر یا دمپر حذف می‌گردد. همچنین استفاده از درایوها، کنترل دقیق سرعت و متعاقب آن، توان خروجی قابل تنظیم را سبب می‌شود که با توجه به استفاده از مدارات الکترونیکی، استهلاک قسمت‌های کنترل کننده در حد بسیار پایین خواهد بود.

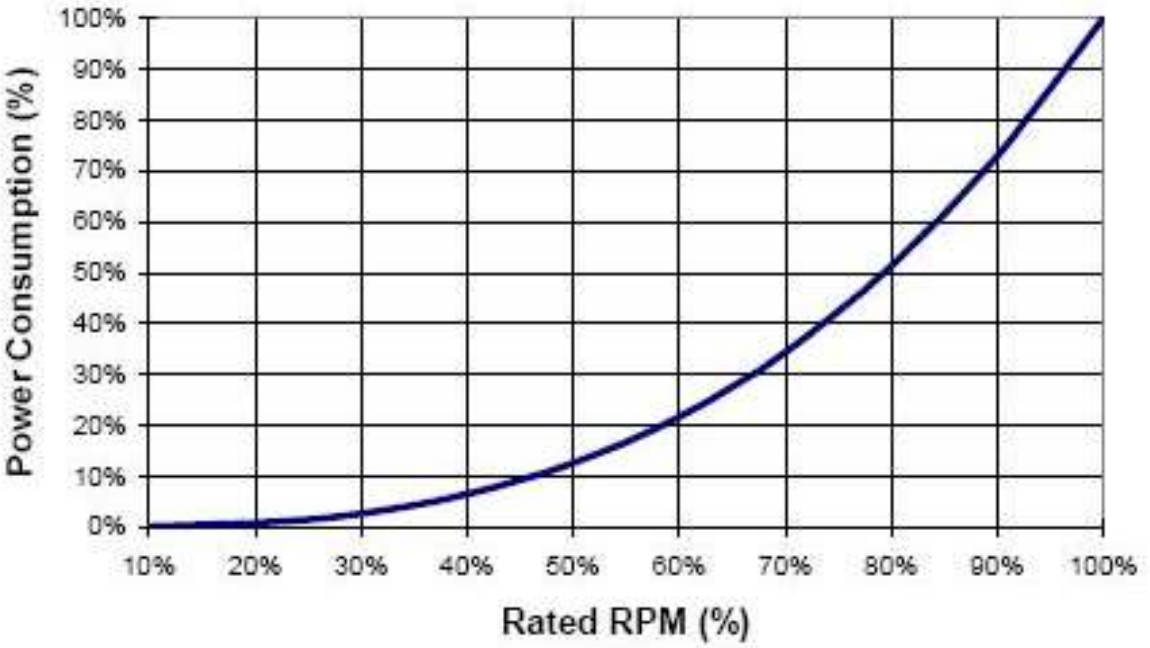
اگرچه هزینه اولیه این سیستم‌ها نسبتاً زیاد می‌باشد، ولی صرفه‌جویی حاصل از افزایش بازدهی در اثر استفاده از موتورهای مجهز به کنترل کننده دور، در طول زمان منجر به صرفه‌جویی اقتصادی می‌شود. معمولاً بسته به نوع کاربرد، زمان برگشت سرمایه متغیر خواهد بود.

VSD ها علاوه بر صرفه‌جویی انرژی دارای مزایای ذیل نیز می‌باشند:

- کنترل بهتر فرآیند تولید
- افزایش دوام تجهیزات
- راه‌اندازی نرم (Soft Start)
- تصحیح ضریب قدرت
- جلوگیری از ضربات مکانیکی

در فن‌ها و دمنده‌ها، دبی سیال با سرعت فن متناسب است. از طرفی مصرف انرژی الکتروموتور با توان سوم سرعت آن متناسب است، بطوریکه با کاهش ۲۰ درصد سرعت، انرژی مصرفی به نصف کاهش پیدا می کند. این مطلب، در شکل۱۱-۶ نشان داده شده است.

energyenergy.ir



شکل۱۱-۶. مصرف انرژی الکتروموتور فن ها و پمپ ها در سرعت های مختلف موتور

کاهش انرژی الکتروموتور در اثر کم شدن سرعت آن را می‌توان توسط رابطه زیر بیان کرد:

$$Power_{final} = Power_{initial}(\frac{RPM_{final}}{RPM_{initial}})^3$$

بنابراین ملاحظه می گردد که جایگزین کردن فن‌هایی که با دمپر کنترل می گردند، با موتورهای دور متغیر، کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی را به دنبال دارد.

البته با نصب درایو برای کنترل موتور، تلفات ناشی از درایو نیز به تلفات موتور اضافه می‌گردد که این عامل باعث افزایش چند درصدی توان مصرفی می‌گردد. همچنین در استفاده از درایو باید به هارمونیک‌های مرتبه بالای تولید شده ناشی از سوئیچینگ توجه داشت.

در مجتمع های مس تعداد زیادی از موتورها وجود دارند که امکان نصب کنترل دور روی آنها وجود دارد. برخی از این موتورها عبارتند از: فن هوای کوره خشک کن، فن هوای کوره آهک، موتور نوار انتقال مواد، فن‌های هوای احتراق کوره ریورب، فن‌های هوای احتراق کوره آند، کمپرسور نیروگاه حرارتی، پمپ های آب در گردش نیروگاه، بویلر فیدپمپ نیروگاه، دمنده‌های هوای کوره آند، پمپ های آب برگشتی واحد تغلیظ مجتمع، پمپ های آبرسانی و...

۱۱-۷-۱. تحلیل اقتصادی استفاده از درایو کنترل دور (VSD) بر روی موتورها

برآوردهای انجام گرفته نشان می دهد که، در صورت نصب درایو بر روی فن‌های موجود در مجتمع مس نمونه یک باعث صرفه‌جویی انرژی حدودا 17500 MWh/year و در پمپ ها به میزان 2500 MWh/year خواهد شد. همچنین صرفه جویی انرژی با ارائه راهکار مذکور در نمونه هشت حدودا 3000MWh/year، در نمونه دو 5000MWh/year و در نمونه چهار نیز 600MWh/year برآورد می شود.

هزینه‌ی سرمایه‌گذاری (خرید و نصب) درایو برای فن ها در مجتمع مس نمونه یک 23.9 میلیارد ریال و برای پمپ‌ها 3.2 میلیارد ریال می باشد. با نصب درایو بر روی فن ها با درنظر گرفتن ۵درصد هزینه سرمایه‌گذاری به عنوان هزینه‌های عملیاتی(هزینه تعمیر نگهداری و ...) حدود 1.2 میلیون ریال، با 28٪ نرخ بهره و 20% نرخ تورم، بازگشت سرمایه گذاری 4.1 سال و بر روی پمپ ها 3.6 سال خواهد شد. همچنین به طور مشابه با صرف هزینه‌ی سرمایه‌گذاری در حدود 3.28 میلیون ریال در نمونه هشت، بازگشت سرمایه 3.3 سال و در نمونه دو با صرف هزینه‌ی سرمایه‌گذاری 3.28 میلیون ریال، بازگشت سرمایه 1.8 سال می باشد. همچنین در مجتمع نمونه چهار با هزینه‌ی سرمایه گذاری 950 میلیون ریال، زمان بازگشت سرمایه 5.1 سال خواهد شد.

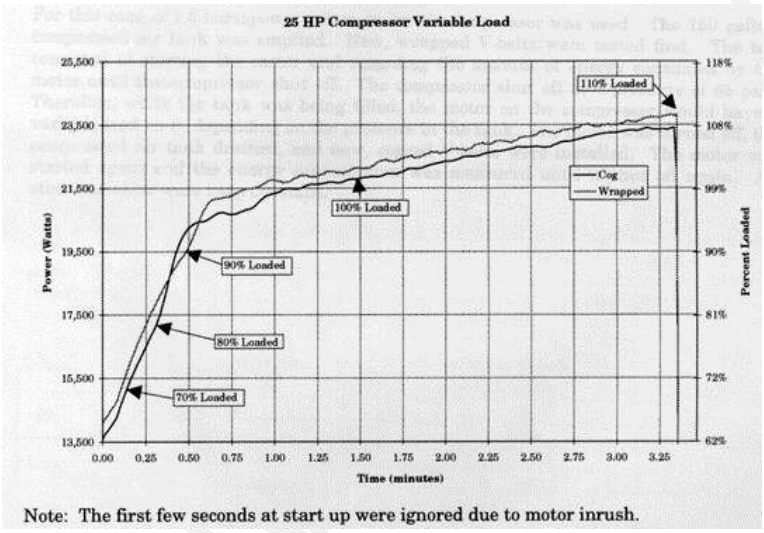
۱۱-۸. استفاده ازتسمه‌های cogged-belt و synchronus-belt بجای تسمه‌های flat-belt و v-belt در الکتروموتورها

تسمه های v-belt در زمان نصب بازدهی برابر با ۹۵٪ تا ۹۸٪ دارند. این تسمه ها به دلیل لغزش روی پولی حدود ۵٪ کاهش راندمان خواهند داشت. و راندمان این تسمه تا حدود ۹۳٪ خواهد رسید.

تسمه های cogged دارای دندانه‌هایی می‌باشند که باعث افزایش راندمان تا حدود ۲ درصد نسبت به تسمه های v-belt و flat-belt می شوند. این دندانه ها باعث کاهش مقاومت خم شدگی تسمه می شوند و در حرارت کمتری کار می‌کنند و طول عمر بیشتری دارند. همچنین تسمه‌های سنکرون علاوه بر دارا بودن دندانه‌های روی تسمه، یک سری شیارهایی روی خود پولی وجود دارد که باعث افزایش راندمان می‌شود و از لیز خوردگی تسمه روی موتور جلوگیری می‌کند. ویژگی های این تسمه ها کم بودن تعمیر و نگهداری آنها می باشد. ولی تنها عیب آنها این است که تمام لغزش ها را به بار انتقال می دهند. بنابراین تسمه‌های سنکرون پر بازده‌ترین نوع تسمه‌ها می باشند. اما برای بارهایی که دارای لغزش می باشند یعنی شوک در بار ایجاد می شود بهتر است از تسمه‌های cogged استفاده شود.شکل۱۱-۷ نمونه ای از این تسمه ها را نشان می‌دهد.

Standard and cogged V-belts. Source: Dayco CPT, www.cptbelts.com

شکل۱۱-۷. نمونه ای از تسمه های flat-belt و cogged[۱۱۵]



شکل۱۱-۸. منحنی مصرف توان یک موتور با دو نوع تسمه flat-belt و cogged در بارهای مختلف[۱۱۶]

در مس نمونه یک میکسرهای موجود در سلولهای فلوتاسیون از طریق تمسه با موتور خود در ارتباط می‌باشند. لذا توصیه می‌شود، این تسمه ها با تسمه های راندمان بالا تعویض شوند. بنابراین واحد مدیریت انرژی کارخانه باید طی بازدید و بازبینی از وضعیت تسمه های کلیه الکتروموتورهای موجود کارخانه (به ویژه موتورهای توان بالا) و با توجه به روش فوق و در نظر گرفتن هزینه ها پیشنهادات و توجیه پذیری جهت تعویض تسمه ها به مدیریت کارخانه ارائه دهد.

در معدن نمونه چهار و نمونه دو تقریبا 99% مصرف انرژی الکتریکی، در واحد تغلیظ استفاده می شود و در مجتمع مس نمونه یک تقریبا 55% مصرف انرژی الکتریکی، در واحد تغلیظ مصرف می شود.

میزان مصرف انرژی الکتریکی در مجتمع مس نمونه یک حدود MWh/year 890000، در نمونه چهار حدود 230000MWh/year و همچنین در نمونه دو حدود 330000MWh/year می باشد و با توجه به اینکه در معدن نمونه چهار و نمونه دو تقریبا 99% مصرف انرژی الکتریکی، در واحد تغلیظ استفاده می شود و در مجتمع مس نمونه یک تقریبا 55% مصرف انرژی الکتریکی، در واحد تغلیظ مصرف می شود.

میزان مصرف انرژی الکتریکی در واحد تغلیظ مجتمع های مس به شرح زیر است.

مجتمع مس نمونه یک

890000 MWh/year*0.55=489500 MWh/year

نمونه چهار

230000MWh/yer*0.99=227,700 MWh/year

نمونه دو

330000MWh/year *0.99=326,700 MWh/year

برای محاسبه میزان صرفه جویی الکتریکی داریم:

میزان صرفه‌جویی انرژی الکتریکی = (مصرف انرژی سالیانه) × $(1-\frac{E_1}{E_2})$

که 2.8% درصد کاهش مصرف سالیانه انرژی الکتریکی داریم

درمجتمع مس نمونه یک حدود 25000MWh/year ،در نمونه چهار میزان صرفه جویی انرژی سالیانه حدود 12000MWh/year و همچنین در نمونه دو نیز حدود 17000MWh/year می باشد که 5% کاهش مصرف انرژی الکتریکی داریم[۱۲۲].

energyenergy.ir

۱۱-۹. فرصتهای صرفه‌جویی انرژی در کوره‌ها

۱. کاهش تلفات حرارتی گازهای خروجی دودکش
۲. کنترل و مونیتورینگ
۳. اصلاح نحوه توزیع حرارت
۴. بهره‌برداری در درجه حرارت مطلوب
۵. استفاده از ظرفیت بهینه کوره
۶. کاهش تلفات حرارتی منافذ
۷. به حداقل رساندن تلفات حرارتی دیواره‌ها

✓ کاهش تلفات حرارتی گازهای خروجی دودکش

قسمت اعظم اتلاف انرژی از طریق دودکش صورت می‌پذیرد. در بدترین شرایط حدود ۳۰ الی ۳۵ درصد از کل انرژی اولیه از طریق دودکش خارج می‌شود. میزان اتلاف حرارتی از دودکش وابسته به دما و حجم گازی است که از دودکش خارج می‌شود. راههای کاهش تلفات شامل:

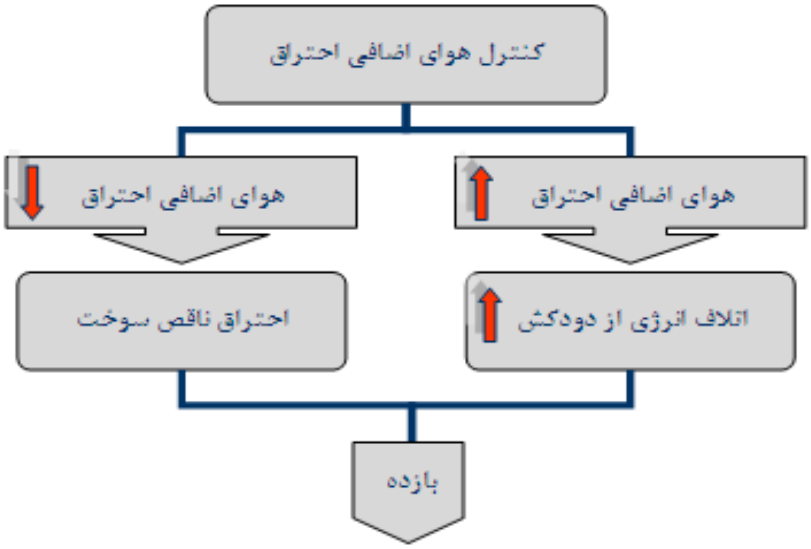
۱- به حداقل رساندن هوای اضافی جهت کاهش دود خروجی از دودکش

۲- به کارگیری تجهیزات بازیافت حرارت و پاکیزه نگهداشتن سطوح انتقال حرارت می‌باشد.

به طور کلی دمای نرمال برای گازهای خروجی از دودکش بایستی ۲۰ درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه شبنم محصولات احتراق باشد اما از آنجا که سوخت گازطبیعی نسبت به دیگر سوختها محتوی کمترین مقدار سولفور می‌باشد، دمای گازهای خروجی می‌تواند پایین‌تر از دمای نقطه شبنم آب قرار گیرد، بدون آنکه سبب مشکلات خوردگی قابل ملاحظه‌ای گردد.

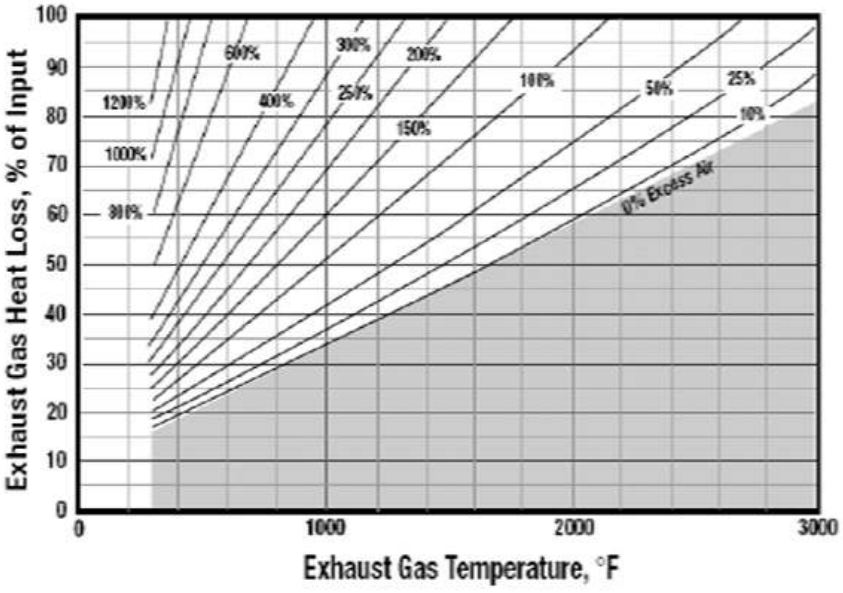
۱. تنظیم هوای اضافی احتراق

تنظیم هوای اضافی مهمترین عامل مؤثر در بهبود بازده حرارتی است. افزایش هوای اضافی موجب افزایش تلفات دود و کاهش آن باعث احتراق ناقص و در نتیجه افزایش مصرف سوخت می‌شود (شکل۱۱-۹). بر مبنای آنالیز دود براساس میزان O_2 و یا CO_2 موجود در گازهای خروجی می‌توان درصد هوای اضافی را تعیین کرد و براساس میزان هوای لازم جهت احتراق کامل هر نوع سوخت، میزان هوای اضافی تنظیم می‌گردد.



شکل۱۱-۹. اثرکنترل هوای اضافی در راندمان کوره

ارتباط میزان تلفات حرارتی دود با مقدار هوای اضافی در شکل۱۱-۱۰ ملاحظه می‌گردد.



شکل۱۱-۱۰. میزان اتلاف حرارت از طریق گازهای خروجی

نتایج آزمایشات مختلف نشان می‌دهد که هر ۱٪ کاهش در هوای اضافی موجب یک افزایش ۰/۶٪ در راندمان خواهد شد[۱۲۲].

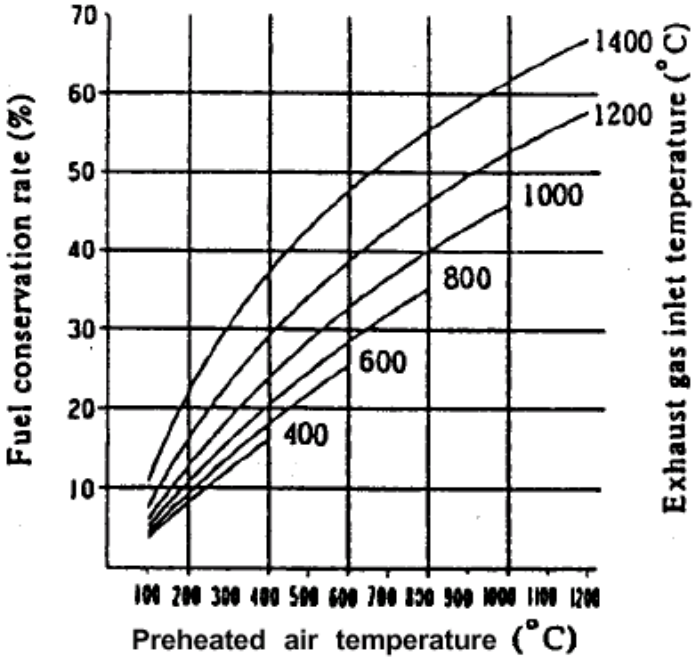
۲. استفاده از سیستمهای بازیافت حرارت

بازیابی حرارت از دودکش کوره، از طریق پیش‌گرم کردن مواد ورودی، پیش‌گرم کردن هوای احتراق یا سوخت ورودی و استفاده از حرارت تلف شده در سایر بخشهای فرآیند امکان‌پذیر است.

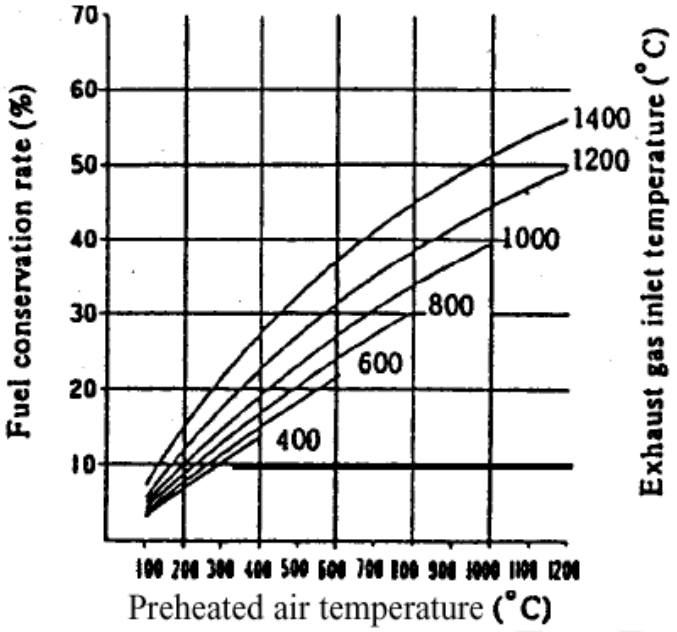
۱۱-۹-۱. بررسی فنی اقتصادی پیشگرمایش هوای احتراق کوره ها

یکی از طرق کاهش مصرف سوخت، پیش‌گرم کردن هوای احتراق می‌باشد. در صورتی که بتوان هوای موردنیاز برای احتراق را پیش‌گرم نمود، ضمن بهبود فرآیند احتراق و افزایش دمای شعله، از احتراق ناقص سوخت جلوگیری کرده و به مقدار قابل ملاحظه‌ای در مصرف سوخت کوره صرفه‌جویی می‌شود.

با استفاده از یک مبدل حرارتی از انرژی حرارتی گازهای حاصل از احتراق برای گرم کردن هوای اضافی ورودی مشعلهای بویلر استفاده می‌کنند. شکل۱۱-۱۱ و شکل۱۱-۱۲ میزان صرفه‌جویی در مصرف سالیانه سوخت را با استفاده از پیش‌گرم کردن هوای احتراق نشان می‌دهد[۱۲۲].



شکل۱۱-۱۱. میزان صرفه‌جویی سوخت با استفاده از پیش‌گرم کردن هوای احتراق برای سوخت مازوت



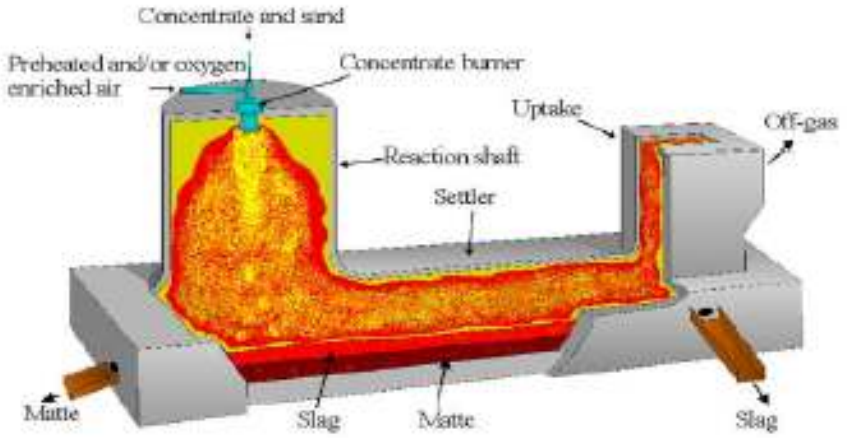
شکل۱۱-۱۲. میزان صرفه‌جویی سوخت با استفاده از پیش‌گرم کردن هوای احتراق برای سوخت گازطبیعی

در اینجا تأثیر دمای هوای پیشگرم بر مقدار مصرف سوخت و حجم گازهای خروجی کوره فلش نمونه هشت نیز بررسی می شود.

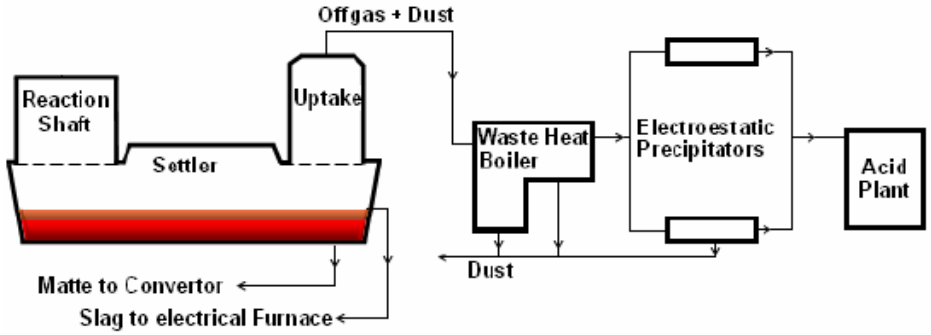
کوره فلاش اتوکمپو از سه قسمت اصلی تشکیل شده است، که عبارتند از :محفظه واکنش، محفظه ته نشین ساز (ستلر) و منطقه ای برای خروج گاز و غبار (آپتیک)، شکل۱۱-۱۳ نمایی از این کوره و شکل۱۱-۱۴ دیاگرام ذوب مس را نشان می دهد.

محفظه واکنش استوانه ای شکل است بیشترین میزان واکنشهای اکسایشی میان اکسیژن و ذرات آهن، مس و گوگرد موجود در شارژ در این محل انجام می شود. سطح داخلی آن توسط مواد نسوز کرم منیزیتی پوشیده شده است و برای خنک کاری این نسوزها از بلوک های مسی آبگرد و نیز لوله های مسی آبگرد استفاده می شود. در فرآیند ذوب مخلوط کنسانتره خشک سولفید های مس، غبار برگشتی کوره فلاش و کنورتور و فلاکس (شار سیلیس) به همراه هوای پیشگرم از طریق مشعل های تعبیه شده در سقف محفظه واکنش (که به مشعل کنسانتره معروف است) به درون این قسمت پاشیده می شوند.

ذرات معلق شده شارژ در هنگام سقوط از محفظه در اثر واکنش های شیمیایی، اکسیداسیون و تولید حرارت، ذوب می شوند و به قسمت ستلر سقوط می کنند در این فرآیند از گرمای حاصل از واکنش ها بطور کامل استفاده می شود و لذا ماتی با عیار ثابت بدست می آید که باعث پایداری عملیات در قسمت ستلر و کنورتورها می شود



شکل۱۱-۱۳. شماتیکی از کوره ذوب مس فلاش اتوکمپو

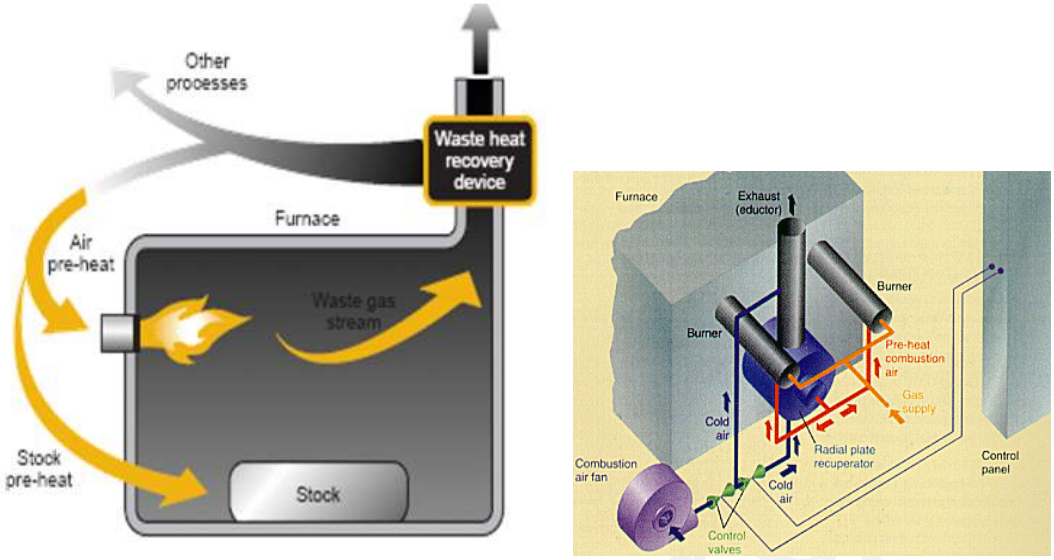


شکل۱۱-۱۴. شماتیکی از عملیات ذوب مس در فرایند ذوب فلاش اتوکمپو

در قسمت ستلر، قطرات مذاب مات و سرباره جمع آوری و در دو لایه جداگانه قرار می گیرد مواد ذوب شده بر اساس اختلاف چگالی تفکیک می شوند دیواره ها و کف ستلر با آجرها و مواد نسوز کرم -منیزیتی آستر کاری شده است .سقف آن به صورت قوسی شکل و معلق است که مجهز به تیر آهن های H شکل با سیستم لوله هـای مسـی آبگرد می باشد. این بخش مجهز به ۱۲ مشعل می باشد در این قسمت ۶ مجرا برای خروج مات مـذاب و دو مجـرا برای خروج سرباره و انتقال به کوره الکتریکی تعبیه شده است.

قسمت آپتیک به منظور خروج گازهای حاصل از احتراق می باشد، این قسمت گازهای کوره فـلاش را کـه در حدود % 10 از مواد شارژ شده به کوره را به همراه خود دارند که به سمت بویلر بازیافت هدایت می کند، این قسمت نیز به چهار مشعل مجهز می باشد که در شرایط نرمال دو عدد از آنها در مدار است[۱۱۹].

در شکل۱۱-۱۵ شماتیکی از بازیابی حرارت از دودکش کوره برای پیش‌گرم کردن هوای احتـراق یـا سـوخت ورودی، پیش‌گرم کردن مواد ورودی و استفاده از حرارت تلف شده در سایر بخشهای فرآیند آورده شده است.



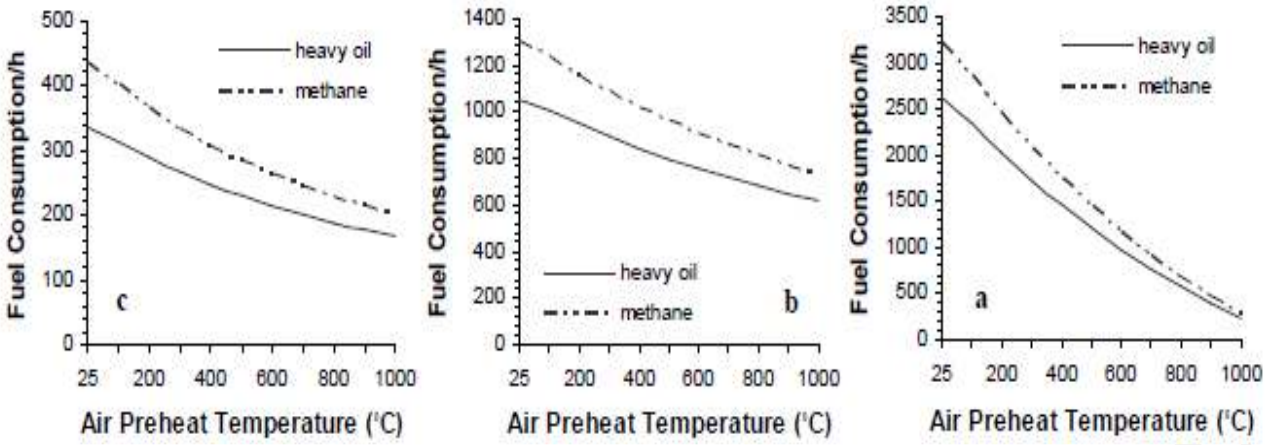
شکل۱۱-۱۵. شماتیکی از بازیابی حرارت از دودکش کوره

جهت پیشگرمایش هوای احتراق، غبار و گازهای تولیدی کوره بعد از خروج از کوره وارد یک پری هیتر می شوند، در این قسمت، هوا بخشی از حرارت گازها راگرفته و پیشگرم می شود، هوای پیشگرم شده در این مرحله وارد کوره می‌شود بنابراین این هوا به همراه خود مقدار قابل توجهی حرارت وارد کوره می کند که این مسأله باعث کاهش مصرف سوخت و کاهش حجم هوای مصرفی در کوره می شود.

شکل۱۱-۱۶ قسمت های a، b وc مقدار مصرف سوخت حجم کنترل های مفروض در کوره را به عنوان تابعی از دمای هوای پیشگرم ورودی به کوره نشان می دهند با توجه شکل ها پیداست که با بالا رفتن دمای هوای پیشگرم میزان مصرف سوخت به علت حرارت محسوسی که هوای مورد نیاز برای انجام کلیه فرآیندها همراه خود به کوره وارد می کند کاهش می یابد. این گراف ها اهمیت بحث بازیابی حرارت و بهبود شرایط کاری بویلرهای بازیاب حرارت را آشکار می سازد.

گازها و غبار خروجی از محفظه آپتیک دمایی حدودا 1350-1400° C دارند اگر بتوان به نحوی از این حرارت قابل توجه خروجی از کوره که امری اجتناب نا پذیر می باشد استفاده کرد می توان راندمان حرارتی سیستم را تا حد قابل ملاحظه ای بالا برد.

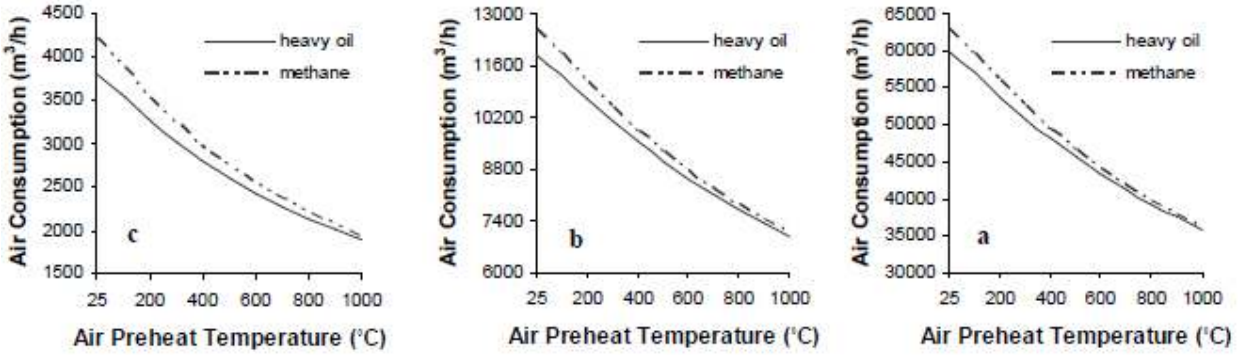
این کار با استفاده از بویلرهای بازیافت حرارت که بلافاصله بعد از کوره نصب شده است نصب می شوند انجام می پذیرد این بویلرها با گرفتن بخشی از گرمای محسوس گاز و غبار خروجی و استفاده از آن برای تولید بخار دمای گاز را به ۴۰۰ °C کاهش می دهد و همچنین در حدود ۴۰٪ از غبارهای موجود در گاز خروجی از آپتیک توسط بویلر جمع آوری می شود.



شکل۱۱-۱۶. تاثیر دمای هوای پیشگرم بر مقدار سوخت مصرفی کوره a)محفظه واکنش b)ستلر c)آپتیک

حال با توجه به محاسبات مربوط به اندازه گیری مصرف سوخت در کوره به عنوان تابعی از دمای هوای پیشگرم ورودی، چگونگی تغییر حجم هوای مورد نیاز در مناطق بحث شده کوره فلاش مطابق شکل۱۱-۱۷ می باشد.

با توجه به اینکه گازهای دو اتمی مانند نیتروژن قادر به تشعشع نیستند. با کاهش مقدار این گاز در هوای ورودی، تشعشع شعله ناشی از احتراق سوخت های فسیلی افزایش یافته و راندمان شعله به علت افزایش توان تشعشعی آن افزایش می یابد بنابراین با کاهش میزان هوای ورودی به کوره با هر روشی که امکان آن وجود دارد راندمان حرارتی کوره افزایش می یابد[۱۱۹].



شکل۱۱-۱۷. تاثیر دمای هوای پیشگرم بر مقدار هوای مورد نیاز کوره a)محفظه واکنش b)ستلر c)آپتیک

پیشگرم کردن هوا علاوه بر اینکه میزان مصرف سوخت و مقدار هوای ورودی به کوره را کاهش می دهد باعث می شود که ذرات ورودی به کوره (کنسانتره) سریع تر به نقطه اشتعالشان برسند این عامل موجب افزایش سرعت ذوب و بنابراین کاهش زمان انجام فرایند ذوب شده، که این مهم موجبات افزایش تولید مات مس را فراهم می آورد.

برای پیشگرمایش گازهای احتراق در کوره‌ها از رکوپراتور[۴۵] و یا ریژنراتور[۴۶] استفاده می شود[۶].

براساس مطالعات صورت گرفته با افزایش دمای هوای ورودی به کوره فلاش (در صورت استفاده از هوای معمولی) از $25\ ^\circ C$ به $700\ ^\circ C$ میزان مصرف سوخت و حجم هوای ورودی به ترتیب 30%و 40% کاهش می‌یابد.

میزان مصرف سوخت در کوره فلاش نمونه هشت حدود (3400(kg/h است با توجه به کاهش 30% سوخت میزان صرفه جویی انرژی 220,000GJ/year می باشد[۱۲۲].

با هزینه سرمایه گذاری برای خرید و نصب رکوپراتور برای استفاده از حرارت دود خروجی برای پیش گرم کردن هوا با توجه میزان سوخت مصرفی 30 میلیارد ریال می باشد که بازگشت سرمایه گذاری حدود 9 سال میباشد.

در مجتمع مس نمونه یک میزان سوخت مصرفی در کوره های ریورب حدودا (7000(kg/hاست که با توجه به کاهش 30% ، میزان صرفه جویی انرژی حدود650,000 GJ/year می باشد[۱۲۲].

با صرف هزینه سرمایه گذاری برای خرید و نصب رکوپراتور حدود 100میلیارد ریال، بازگشت سرمایه گذاری حدود 6 سال می باشد.

در ضمن محاسبات با فرض در نظر گرفتن نرخ بهره 28% و نرخ تورم 20% در نظر گرفته شده است.

۱۱-۹-۲. بررسی فنی اقتصادی به حداقل رساندن تلفات حرارتی دیواره‌های کوره ها

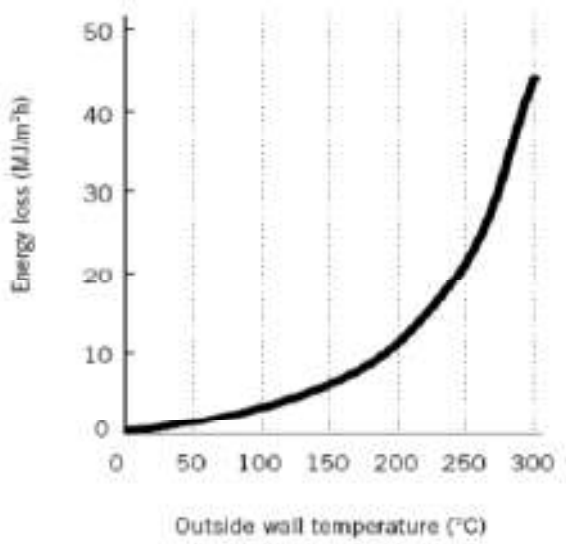
حدود ۳۰٪ انرژی سوخت ورودی، جهت جبران تلفات حرارتی دیواره‌ها در کوره مصرف می‌شود و با توجه به نقش عایق در جلوگیری از اتلاف انرژی، اهمیت عملکرد صحیح سیستم عایق‌کاری مشهود است. لذا انتخاب صحیح و مناسب مواد نسوز و عایق برای صرفه‌جویی انرژی در کوره‌های صنعتی، لازم است.

لازم به ذکر است که مقدار تلفات دیوار بستگی دارد به :

- قابلیت تشعشع دیوار
- هدایت حرارتی نسوزها
- ضخامت دیوار
- منقطع بودن یا پیوسته بودن کوره

در شکل۱۱-۱۸، میزان اتلاف حرارت تشعشعی از دیواره‌های کوره در دماهای مختلف دیواره کوره مشخص شده است.

[45] Recuperator
[46] Regenerator



شکل۱۱-۱۸. اتلاف حرارت تشعشعی از دیواره‌های کوره

محاسبه تلفات تشعشعی مستلزم اطلاع داشتن از سطح تبادل حرارتی و نیز دمای هریک از سطوح کوره است. دمای ماکزیمم، مینیمم و دمای متوسط بدنه کوره های مجتمع های ذوب مس کشور در جدول۱۱-۴ و میزان تلفات تشعشعی محاسبه شده در جدول۱۱-۵ ارائه شده است.

تلفات حرارتی سطوح خارجی تجهیزات حرارتی از دو طریق تشعشعی و جابجایی صورت می‌گیرد که می‌توان این تلفات را بر اساس رابطه زیر محاسبه کرد [۱۲۰]

$$Q_{S.L.} = Q_R + Q_C = 0.174 \times \varepsilon \left({T_S}^4 - {T_a}^4\right) \times 10^{-8} + 0.296 \left(T_S - T_a\right)^{1.25} \sqrt{\frac{V_w + 69}{69}}$$

که در آن:

$Q_{S.L.}$: تلفات حرارتی جابجایی و تشعشعی از سطوح $(Btu/(hr.ft^2))$

T_S : دمای سطح خارجی تجهیز (°R)

T_a : دمای محیط (°R)

ε : ضریب صدور تشعشع سطوح خارجی

V_w : سرعت باد در اطراف کوره (ft/min)

سرعت باد در منطقه مس نمونه یک برابر ۲۷۳/۴ ft/min (۵ km/hr) است.

دمای اندازه‌گیری شده محیط ۳۱ °C است.

ε ضریب صدور سطوح است که بر اساس جنس و رنگ سطوح تعیین می‌شود که در اینجا برابر ۰/۸۵ درنظر گرفته شده است. [۱۲۰]

دمای ماکزیمم و مینیمم اندازه‌گیری شده و متوسط دمای قسمتهای مختلف کوره های موجود در مجتمع مس نمونه یک در جدول۱۱-۴ آمده است.

جدول۱۱-۴. دمای ماکزیمم و مینیمم اندازه‌گیری شده و متوسط دمای بدنه خارجی کوره خشک‌کن

Furnace Name		$T_{max.}$	$T_{min.}$	$T_{avg.}$
		˚C	˚C	˚C
Dryer Furnace		220	34	75
Reverb		277	39	130
Flash	*Flash Uptake*	383	122	161
	Flash Settler	180	32	78
	Shaft Furnace	77	29	48

نتایج محاسبه تلفات حرارتی سطوح خارجی بدنه کوره های مجتمع های ذوب مس کشور بطور خلاصه، در جدول۱۱-۵ ارائه شده است.

جدول۱۱-۵. نتایج محاسبه تلفات حرارتی سطوح خارجی بدنه کوره های مجتمع های ذوب مس کشور[۱۲۲]

Furnace Name		$Q_{loss.}$	$Q_{Desirable}$	$T_{Desirable}$	E.S.P. [1]		Saving
		Btu/hr	Btu/hr	˚C	Btu/hr	kJ/hr	mRial/year
نمونه یک	***Dryer Furnace***	741967.54	126503.7	40	615464	649349.80	136.90
	Reverb	5903876.09	305257.13	40	5598619	5906543.00	1245.00
	Sum	6645843.6	431760.8	80.0	6214083.0	6555892.8	1381.90
نمونه هشت	*Flash Uptake*	7.66E+05	6.75E+05	150	9.05E+04	95482.69	20.13
	Flash Settler	5.55E+05	7.71E+04	40	4.78E+05	504317.40	106.32
	Shaft Furnace	1.23E+05	5.98E+04	40	6.35E+04	66996.14	14.12
	Sum	1443662.00	812140.20	230.00	632000.00	666796.23	140.57

1- Energy Saving Potential

لازم به ذکر است در جدول۱۱-۵ منظور از $T_{Desirable}$ دمای مطلوب برای بدنه در صورت استفاده از عایق می‌باشد. همچنین Q_{loss} با توجه به اختلاف دمای بدنه و دمای محیط و $Q_{Desirable}$ با توجه به اختلاف دمای بدنه و $T_{Desirable}$ محاسبه شده‌اند. پس اختلاف این دو مقدار، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی به حساب می‌آید.

میزان صرفه جویی=741967.54(Btu/h) -126503.7(Btu/h) =615463.84(Btu/h) =649349.8(kJ/h)

بنابراین به طور مثال مقدار پتانسیل صرفه‌جویی تلفات بدنه کوره خشک کن مس نمونه یک ۶/۴۹ × ۱۰^{۵} $\frac{kJ}{hr}$ بدست می‌آید.

محاسبه میزان صرفه جویی گاز طبیعی

$$\frac{649349.8kJ}{h}\times\frac{24h}{day}\times\frac{330day}{year}\times\frac{m3}{37568.16kJ}=\frac{136886.4m3}{year}$$

با هزینه سرمایه گذاری (خرید و نصب) عایق برای کوره ریورب در مجتمع نمونه یک حدود 100 میلیون ریال، بازگشت سرمایه گذاری 30 روز کاری می باشد و همچنین با صرف هزینه سرمایه گذاری (خرید و نصب) عایق برای کوره خشک کن در مجتمع مس نمونه یک حدود 90 میلیون ریال، بازگشت سرمایه گذاری حدود 280 روز کاری می باشد.و همچنین با صرف هزینه سرمایه گذاری (خرید و نصب) عایق برای کوره فلش در نمونه هشت حدود 40 میلیون ریال، بازگشت سرمایه گذاری حدود 100 روز کاری می باشد.

در ضمن محاسبات با فرض ده سال کارکرد و در نظر گرفتن نرخ بهره 28% و افزایش قیمت سوخت 20% می باشد.

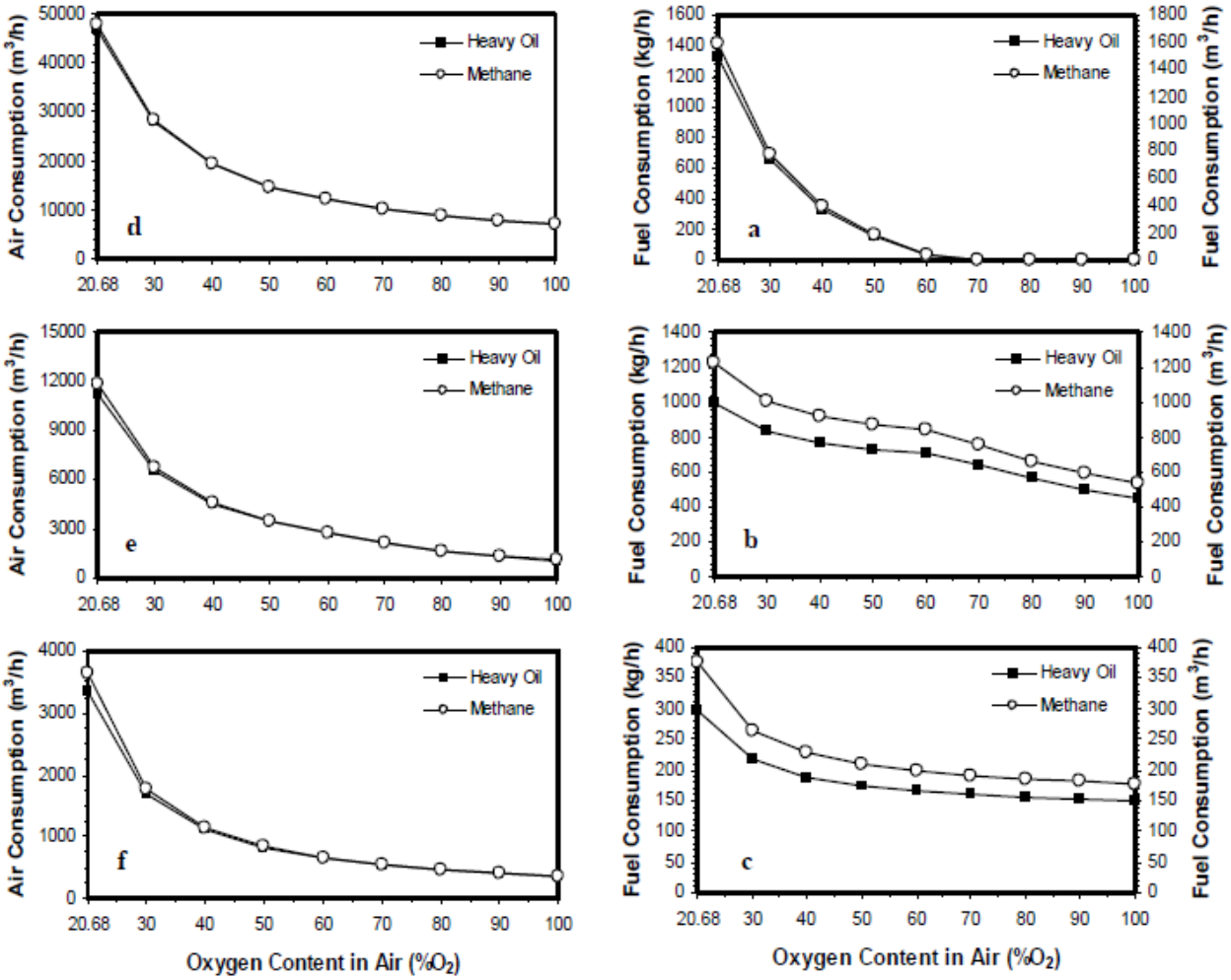
۱۱-۱۰. بررسی فنی اقتصادی استفاده از اکسیژن خالص به عنوان هوای احتراق کوره ها

در این قسمت از گزارش تأثیر اکسیژن بر مقدار مصرف سوخت و حجم گازهای خروجی بررسی می شود.

هوا در شرایط معمول تنها دارای 21 % اکسیژن می باشد ، اما برای انجام واکنش های درون کوره فقط اکسیژن هوا وارد عمل می شود و نیتروژن و بخار آب موجود در هوا هیچ نقشی در کوره ایفا نمی کنند ، با توجه به اینکه کوره فلاش در دمایی مابین 1200-1300°C کار می کند لذا ورود این میزان از گازهای غیر مفید در کوره باعث افزایش حجم هوای ورودی به کوره و مصرف بیشتر سوخت می شوند ، همچنین باعث کاهش درصد حجمی گازهای خروجی نظیر SO_2 شده که این امر فرآیند اسید شویی را مقرون به صرفه نمی سازد و باعث بالا رفتن حجم کارخانه اسید شویی ، فیلترها و کاهش عیار اسید تولیدی می گردد.

شکل۱۱-۱۹ قسمت a تأثیر هوای غنی شده را بر مصرف سوخت در محفظه واکنش کوره را نشان می دهد، با توجه به شکل مشخص می شود که با بالا رفتن میزان اکسیژن در هوای ورودی مصرف سوخت کوره بشدت کاهش

می یابد. از این شکل پیدا است که مصرف سوخت گاز متان و مازوت بشدت وابسته به نوع هوای ورودی می باشد، در جایی از این نمودار دیده می شود که برای انجام واکنش های اکسایشی دیگر نیازی به استفاده از سوخت نمی باشد ، زیرا انرژی لازم، توسط واکنش هایی که در این محفظه تکمیل می گردند، تأمین می شود .با در نظر گرفتن ستلر به عنوان دومین حجم کنترل و آپتیک به عنوان سومین حجم کنترل ، چگونگی مصرف سوخت با توجه به نوع هوای ورودی به هر قسمت ، در شکل۱۱-۱۹ قسمت های b,c نشان داده شده است ، با توجه به این نمودارها در می یابیم که هر اندازه میزان اکسیژن در هوای ورودی به هر یک از قسمت های کوره افزایش یابد میزان مصرف سوخت کاهش می یابد ، البته توجه شود که درصد کاهش مصرف سوخت در هر یک از حجم کنترل ها متفاوت می باشد که این اختلاف ناشی از تفاوت در انجام واکنش های گرمازا در هر یک از این بخش ها می باشد[۱۱۹].

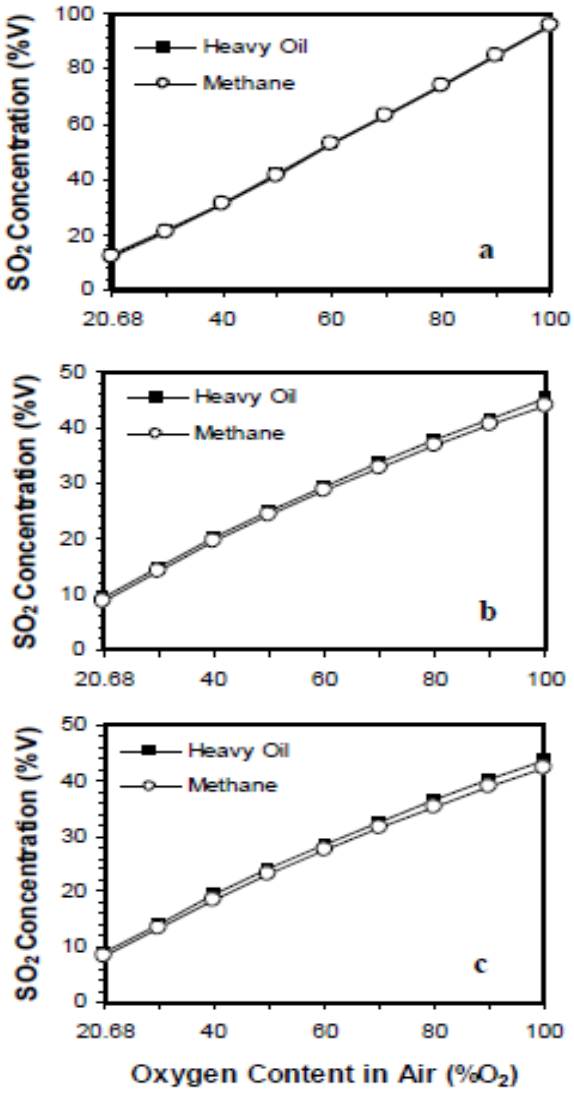


شکل۱۱-۱۹. تاثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر میزان سوخت در کوره فلاش
a.d) محفظه واکنش. B.e) ستلر c.f) آپتیک

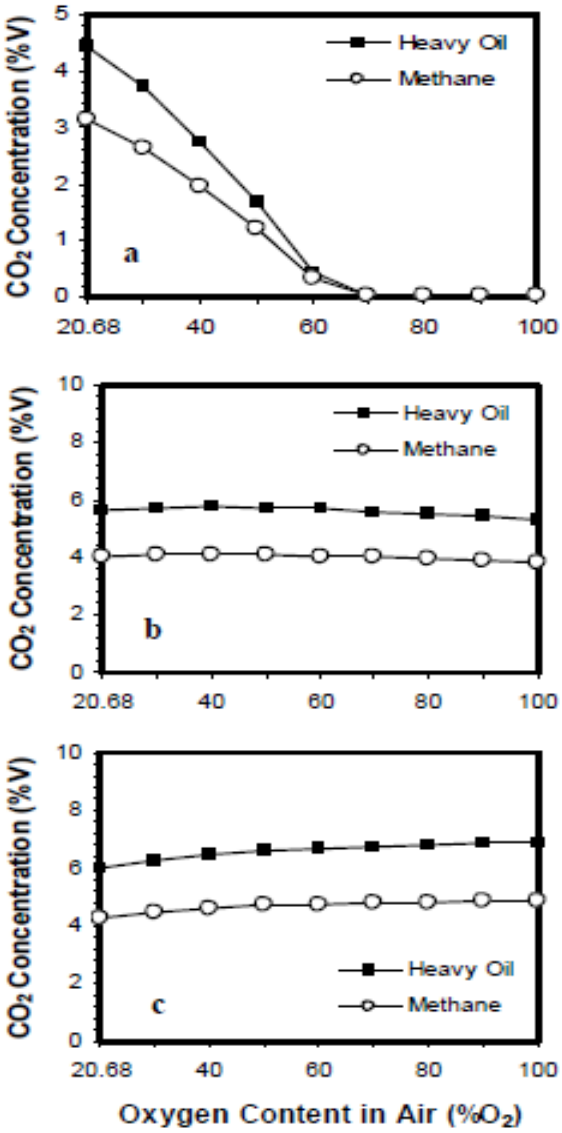
شکل۱۱-۱۹ قسمت های b وe وf به ترتیب حجم هوای ورودی به کوره را در حجم کنترل های محفظه واکنش ، ستلر و آپتیک را نشان می دهند، از شکل ها پیدا است که با غنی سازی هوای ورودی به دلیل کاهش گرمای خروجی کوره ناشی از گرمای محسوس گازهایی مانند نیتروژن، میزان حجم هوای ورودی نیز کاهش می یابد، این اثر در میزان بارگذاری کوره و تناژ شارژ، بسیار با اهمیت می باشد زیرا فن هایی که می توانند هوا را به درون کوره بدمند دارای ظرفیت محدودی هستند بنابراین با افزایش درصد اکسیژن هوای ورودی به کوره می توان میزان بارگیری کوره را افزایش داد.

شکل۱۱-۲۰ رشد افزایش درصد حجمی گاز دی اکسید گوگرد را در سه حجم کنترل مفروض را به خوبی نمایش می دهد و آشکار است که هر آنچه هوا از اکسیژن غنی تر شود درصد حجمی گازSO_2 افزایش می یابد زیرا با کاهش حجم هوای ورودی و بنابراین کاهش حجم گاز نیتروژن، مقدار حجمی گاز دی اکسید گوگرد نسبت به حجم کل افزایش می یابد ، این مسأله می تواند توجیه اقتصادی ایجاد کارخانه تولید اسید را فراهم آورد.

شکل۱۱-۲۱ چگونگی تغییر درصد حجمی گاز دی اکسید کربن را در سه منطقه مورد بحث در کوره فلاش را نمایش می دهند همانطور که در شکل۱۱-۲۱ قسمت a مشخص شده است با توجه به‌شکل۱۱-۱۹ قسمت a مصرف سوخت در محفظه واکنش از حدود ۶۸٪ اکسیژن غنی شده صفر می شود با توجه به این مهم میزان گاز CO_2به صفر در همین محدوده می رسد زیرا در فرآیند ذوب مس تنها منبع تولید گازCO_2 سوخت های فسیلی هستند که برای تأمین حرارت کوره به این حجم تزریق می شوند.



شکل۱۱-۲۰. تاثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر درصد حجمی گازSO_2 a)محفظه واکنش b)ستلر c)آپتیک



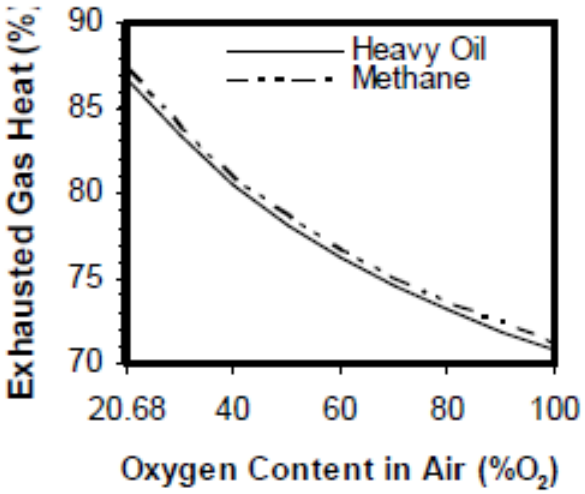
شکل۱۱-۲۱. تاثیر مقدار اکسیژن موجود در هوا بر درصد حجمی گازCO_2 a)محفظه واکنش b)ستلر c)آپتیک

هرچند که غنی تر کردن هوا باعث کاهش میزان مصرف سوخت و هوا می شود، اما اثر مهم دیگر آن، سبب افزایش سرعت انجام واکنش های شیمیایی در کوره شده که خود این عامل، نقش اساسی در تأمین حرارت کوره دارد، با توجه به سرعت خروجی ذرات از مشعل کنسانتره، ذرات ریز جامد، تنها پس از حدود دو ثانیه به ستلر می رسند و ذرات فقط در هنگام سقوط در محفظه واکنش، فرصت انجام واکنش های شیمیایی را دارند، هر اندازه این واکنش ها سریعتر انجام گیرند ذرات قبل از رسیدن به ستلر می توانند واکنش های خود را تکمیل کنند، بنابراین گرمای بیشتری ناشی از سوختن گوگرد آزاد شده (واکنش سوختن گوگرد بشدت گرمازا است) و در نتیجه می‌توان تا حد ممکن از این انرژی های مفید، با بالا بردن عیار اکسیژن در هوا استفاده کرد و راندمان حرارتی کوره را تا حد قابل توجهی بالا برد.

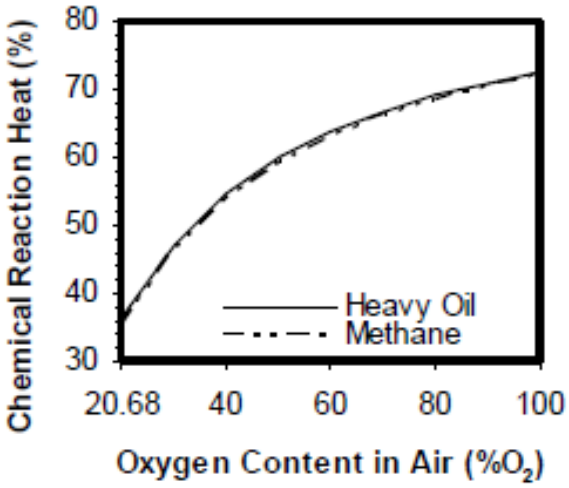
میزان تغییر گاز CO_2 در ستلر نیز تقریبا سیر نزولی دارد اما شیب این نمودار تقریباً صفر است زیرا حجم گاز CO_2در این منطقه تحت تأثیر مقدار این گاز در محفظه واکنش می باشد حجم گاز CO_2 در آپتیک نیز کاهش می یابد اما در شکل۱۱-۲۱ قسمت c مقدار درصد حجمی این گاز در هنگام خروج از کوره را نمایش می دهد که با افزایش مقدار حجمی اکسیژن موجود در هوای مورد نیاز برای کوره، حجم کل گاز در کوره کاهش یافته و بنابراین مقدار درصد حجمی گازCO_2 افزایش می یابد.

گرمای محسوس گازها رابطهٔ مستقیمی با حجم آنها دارد بدین معنا که هر چه حجم گازهای خروجی از کوره کاهش بیابد مصرف سوخت کوره نیز کاهش می یابد این خود یک عامل اصلی در کاهش هزینه ها می باشد، همچنین باعث کاهش حجم غبار ورودی به فیلترهای الکترو استاتیکی شده و بالطبع آن افزایش کارایی این الکتروفیلترها را در بر دارد. با توجه به مطالب مطرح شده، گرمایی که توسط گازهای احتراق، فرآیند اکسایش، نیتروژن هوا، بخار آب و ... از هر یک از حجم های کنترل خارج می شود مطابق شکل۱۱-۲۲ می باشد.

با توجه به شکل های قبلی مشاهده شد که در محفظه واکنش با بالاتر رفتن میزان اکسیژن در هوا مصرف سوخت کاهش و حتی به صفر نیز می رسدشکل۱۱-۲۳ همانگونه که از شکل۱۱-۲۳ پیدا است با افزایش اکسیژن هوا سهم گرمای واکنش های شیمیایی افزایش چشمگیری دارد[۱۱۹].



شکل۱۱-۲۲. تاثیر مقدار اکسیژن بر نسبت گرمای محسوس گازهای خروجی به گرمای کل در کوره



شکل۱۱-۲۳. تاثیر مقدار اکسیژن بر نسبت گرمای تولیدی واکنش های شیمیایی به گرمای کل در کوره

- نتیجه گیری

نتایج نشان می دهند که با بالا رفتن عیار اکسیژن موجود در هوا میزان مصرف سوخت در سه منطقه مورد بحث، تا 50% مصرف کل سوخت کوره را کاهش می‌دهد جائیکه بیشترین مصرف سوخت در کوره را دارد. همچنین با غنی سازی هوا از 21٪ تا 100٪ حجم هوای ورودی به کوره ۸۶٪ کاهش و درصد حجمی گاز SO_2 در گازهای خروجی از کوره 8.93٪ به 43.7٪ افزایش می یابد.

همانطور که قبلا گفته شد میزان مصرف سوخت در کوره فلاش نمونه هشت حدود (kg/h)3400 است با توجه به کاهش 50% سوخت می انجامد. در نتیجه داریم میزان صرفه جویی انرژی حدودا 360,000GJ/year می باشد.

با هزینه سرمایه گذاری برای تولید اکسیژن حدود 10 میلیارد ریال و هزینه در گردش جهت تولید اکسیژن مورد نیاز ۴ میلیارد ریال، بازگشت سرمایه گذاری 2.1 سال به طول می انجامد.

در مجتمع مس نمونه یک میزان سوخت مصرفی در کوره های ریورب حدودا (kg/h)7000است که با توجه به کاهش 50% ، میزان صرفه جویی انرژی حدود1,000,000 GJ/year می باشد. همچنین با صرف هزینه سرمایه‌گذاری برای تولید اکسیژن حدود 30 میلیارد ریال و هزینه در گردش جهت تولید اکسیژن مورد نیاز ۱۰ میلیارد ریال، بازگشت سرمایه گذاری 3.2 سال به طول می انجامد.

در ضمن محاسبات با فرض ده سال کارکرد و در نظر گرفتن نرخ بهره 28% و افزایش قیمت سوخت 20% می باشد.

۱۱-۱۱. اولویت بندی اجرای راهکارهای صرفه جویی مصرف انرژی در صنایع مس کشور بر اساس زمان بازگشت سرمایه

به طور کلی راهکارهای موجود برای بهینه‌سازی مصرف انرژی را می‌توان به راهکارهای مدیریتی و راهکارهای فنی دسته‌بندی کرد. راهکارهای مدیریتی راهکارهای بی هزینه بوده و راهکارهای فنی همان طور که در فصول قبلی شرح داده شد، به سه دسته بی هزینه، کم هزینه و پرهزینه تقسیم می شوند.

با توجه به نوع راهکارهای مورد استفاده جهت کاهش مصرف انرژی، این راهکارها متناسب با مدت زمان بازگشت سرمایه و نوع راهکار به سه دسته کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت مطابق با جدول۱۱-۶ طبقه‌بندی می‌شوند.

جدول۱۱-۶. تقسیم بندی راهکارها با توجه به زمان بازگشت سرمایه

ردیف	نوع راهکار	مدت زمان بازگشت سرمایه (سال)
1	کوتاه مدت	0 – 2
2	میان مدت	2 – 5
3	بلند مدت	5 - 10

راهکارهای با اولویت ۱، شامل راهکارهایی است که با وجود هزینه سرمایه‌ای بسیار محدود، نقش عمده ای در کاهش مصرف انرژی دارد، به علاوه راهکارهایی را در بر می‌گیرد که با وجود عدم تأثیر مستقیم بر کاهش مصرف انرژی، در راستای مدیریت و ممیزی ضروری می باشد. راهکارهای با اولویت ۲، راهکارهایی هستند که اجرای آنها مستلزم صرف هزینه است ولیکن زمان بازگشت سرمایه محدود، بیانگر توجیه اقتصادی اجرای این راهکارها است. راهکارهای با اولویت ۳ زمان بازگشت سرمایه طولانی تری دارد. لازم به ذکر است که اعمال راهکارهای با اولویت ۱ به دلیل اهمیت بسیار و تأثیر بر شرایط عملیاتی و نیز ایجاد مقدمات اجرای سایر راهکارها باید در اولویت قرار گیرد.

جدول۱۱-۷. میزان تاثیر اجرای برخی از راهکارهای بهینه سازی انرژی بر روی مصارف ویژه انرژی واحدهای ذوب کشور

مجتمع	نوع راهکار	نام راهکار	میزان صرفه جویی	تاثیر روی مصرف ویژه واحد	ارزش خالص کنونی NPV	نسبت فایده به هزینه	نرخ بازده	دوره بازگشت سرمایه
			GJ/year	GJ/ton	(ریال)		داخلی٪	(سال)
نمونه هشت	کوتاه مدت	بهبود عایقکاری کوره‌های فلش	5281	0.06	935,572,552	14.80	-	0.31
	میان مدت	استفاده از اکسیژن به عنوان هوای احتراق	168835	1.88	15,761,305,730	1.30	61.01%	3.17
		استفاده از درایو کنترل دور روی فن‌های هوای احتراق کوره	10123	0.11	4,771,544,445	2.07	58.75%	3.35
		استفاده از بالاست	915	0.01	1,014,965,614	1.91	54.53%	3.72
	بلند مدت	استفاده از لامپ‌های فلورسنت *T8*	187135	2.08	155,791,292	1.72	44.48%	5.00
		پیشگرمایش هوای احتراق از ۲۵ تا ۷۰۰	215868	2.40	17,824,561,799	1.40	36.19%	9.41
ذوب نمونه یک	کوتاه مدت	بهبود عایقکاری کوره‌های ذوب	46782	0.25	8,720,437,783	52.94	-	0.08
	میان مدت	استفاده از اکسیژن به عنوان هوای احتراق کوره‌های آند	690277	4	81,857,419,501	1.66	81.41%	2.13
		استفاده از درایو روی موتور فن‌های کنورتور	62712.00	0.34	24,783,693,403	1.77	50.80%	4.12
	بلند مدت	پیشگرمایش هوای احتراق کوره‌های آند از ۲۵ تا ۷۰۰	651835.83	3.52	42,923,427,564	1.40	38.11%	6.32

جدول۱۱-۸. میزان تاثیر اجرای برخی از راهکارهای بهینه سازی انرژی بر روی مصارف ویژه انرژی واحدهای معدن و تغلیظ کشور

مجتمع	نوع راهکار	نام راهکار	میزان صرفه جویی	تاثیر روی مصرف ویژه واحد	ارزش خالص کنونی NPV	نسبت فایده به هزینه	نرخ بازده داخلی	دوره بازگشت سرمایه
			GJ/year	GJ/ton	(ریال)		٪	(سال)
معدن و تغلیظ نمونه یک	کوتاه مدت	تغییر نوع تسمه های موتورها	89908.16	0.56	81826863392.81	682.89	-	0.01
		بهبود عایقکاری خشک کن	5142.84	0.03	817732165.72	6.13	185%	0.78
	میان مدت	استفاده از لامپ‌های متال هالید	8987.76	0.06	5911900648.15	3.59	79%	2.20
		استفاده از درایو کنترل دور روی موتور پمپهاا	9158.40	0.06	4054975312.48	1.94	56%	3.63
		استفاده از بالاست	2341.55	0.01	396759285.52	1.91	55%	3.72
	بلند مدت	استفاده از لامپ‌های فلورسنت *T8*	478716.48	2.99	398535864.52	1.72	44%	5.00
نمونه دو	کوتاه مدت	تغییر نوع تسمه های موتورها	60006.12	1.20	54632625680.15	911.54	-	0.01
		استفاده از درایو کنترل دور روی موتور پمپها	17150.40	0.34	11176491198.43	3.51	93%	1.78
	میان مدت	استفاده از لامپ‌های متال هالید	1182.60	0.02	777881664.23	3.59	79%	2.20
		استفاده از بالاست	425.74	0.01	184539202.57	1.91	55%	3.72
	بلند مدت	استفاده از لامپ‌های فلورسنت T8	87039.36	1.74	72461066.28	1.72	44%	5.00
نمونه چهار	کوتاه مدت	تغییر نوع تسمه های موتورها	41822.45	0.93	38059102746.77	635.32	-	0.01
	میان مدت	استفاده از لامپ‌های متال هالید	2365.20	0.05	1555763328.46	3.59	79%	2.20
		استفاده از بالاست	915.33	0.02	396759285.52	1.91	55%	3.72
	بلند مدت	استفاده از لامپ‌های فلورسنت T8	187134.62	4.16	155791292.50	1.72	44%	5.00
		استفاده از درایو کنترل دور روی موتور پمپها	2142.00	0.05	663505608.16	1.51	44%	5.09

فصل دوازدهم:
مطالعه و شناسایی تهدیدها و
فرصت های پیش روی صنعت مس کشور با محوریت انرژی

۱۲-۱. مقدمه

برای تدوین نقشه راه صنعت مس کشور لازم است مجموعه عوامل کلیدی موفقیت این صنعت در عرصه بهینه‌سازی مصرف انرژی بررسی و تا حد امکان با سایر کشورها مقایسه شود تا از این طریق امکان شناسایی ضعفها و قوتها، همچنین فرصتها و تهدیدهای این صنعت فراهم شود. بر مبنای این ضعفها، قوتها، فرصتها و تهدیدها می‌توان اهداف کلان و خرد این صنعت برای ارتقاء وضعیت مصرف انرژی را مشخص نمود. اقدامات و برنامه‌های لازم برای دستیابی به این اهداف نیز بر مبنای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور و با در نظر گرفتن ضعفها، قوتها، فرصتها و تهدیدهای این صنعت در عرصه بهینه‌سازی مصرف انرژی مشخص می‌شود.

برای تدوین برنامه راهبردی یک بخش، باید محدوده محیط داخلی، افق زمانی و همچنین چشم انداز و سیاست‌های کلان در رابطه با آن بخش معلوم باشد تا بتوان در چارچوب آن برنامه‌های راهبردی را تدوین نمود. تدوین راهبردها مستلزم درک واقع بینانه از محیط پیرامونی است، محیطی که صحنه رقابت و تعامل جدی عوامل بسیاری است که می توانند در سرنوشت و حیات یک سازمان نقش اساسی داشته باشند. محیط خارج پیوسته فرصت‌هایی را در دسترس شرکتها و سازمانها قرار می‌دهد و نیز تهدیدهایی را در مسیر حرکت آنها ایجاد می‌کند. بدیهی است سازمانی موفق خواهد بود که بتواند در تعامل با محیط، به موقع و به بهترین شکل از فرصتها بهره برداری کند، تهدیدات را به فرصت مبدل سازد و یا خود را از مسیر تهدید برهاند. در این فصل، فرصتها و تهدیدهای پیش روی صنعت مس از دیدگاه انرژی ارائه می‌شود. و در ادامه با تجزیه و تحلیل و ارزیابی وضع موجود صنعت مس کشور، نقاط قوت و مزیتهای موجود و نیز موانع، محدودیت ها و به طور کلی نقاط ضعف داخلی برای دستیابی به اهداف راهبردی تعیین میشود.

۱۲-۲. تحلیل SWOT

تحلیل SWOT ابزاری کارآمد برای شناسایی شرایط محیطی و توانایی‌های درونی سازمان است. پایه و اساس این ابزار کارآمد در مدیریت استراتژیک و همین طور بازاریابی، شناخت محیط پیرامونی سازمان است. حروف SWOT

که آن را به شکل‌های دیگر مثل TOWS هم می‌نویسند، ابتدای کلمات Strength به معنای قـوت ، Weakness بـه معنای ضعف، Opportunity به معنای فرصت و Threat به معنای تهدید است.

ماهیت قوت و ضعف به درون سازمان مربوط می‌شود و فرصت و تهدید معمولاً محیطی است. در اینجا به معرفی آنالیز SWOT می‌پردازیم[۷۱].

ماتریس SWOT می تواند شکلهای مشابه دیگری نیز داشته باشد که از نظر عملی تفاوتی ندارند.

S-O: استراتژیهایی هستند که در پی استفاده از فرصتها هستند و به خوبی بـا توانـایی‌هـای سـازمان همـاهنگی دارند.

W-O: غلبه بر ضعفها به منظور استفاده از فرصتها است.

S-T: شناسایی روشهایی که شرکت می‌تواند با استفاده از آنها خطرپذیری خود را از تهدیدها کاهش دهد.

W-T: یک استراتژی کاملاً دفاعی است که مانع آسیب دیدن شـرکت بـه علـت ضـعفهایش از تهدیـدات محـیط خارجی می شود[۷۲].

۱۲-۳. تحلیل صنعت مس و عوامل تاثیرگذار بر صنعت مس کشور با محوریت انرژی

تعیین استراتژی برای حرکت شرکتهای صنعتی و تجاری در ایران، به ویژه در مقطعی از زمان که بحـث جهـانی شدن ، در دستور کار عوامل اقتصاد اغلب کشورهای صنعتی قرار دارد، از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از محیط بیرونی و قرار دادن فعالیتهـای درونـی بنگـاه یکـی از گـام هـای اساسی در برنامه‌ریزی استراتژیک می‌باشد برای این منظور می‌توان ضمن بهره‌گیری از تکنیـک SWOT و قـرار دادن هریک از نقاط قوت و ضعف داخلی شرکت در مقابل فرصتها و محدودیتهای بیرونی ، فعالیت اصلی تدوین اسـتراتژی بنگاه را به پیش برد، بطور مثال می‌توان فرصت های محیطی را بـا قـوت هـای درونـی پیونـد زد و اسـتراتژیSO را مطرح نمود همینطور فرصتهای محیطی رابا ضعفهای درونی پیوند زد و استراتژی WOرا مطرح کرد[۷۴].

۱۲-۳-۱. ضعفها، قوتها، فرصتها و تهدیدهای موجود در صنعت مس کشور

برای تدوین نقشه راه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور، لیستی از کلیه فرصتها و تهدیدها، نقـاط قـوت و ضعف از نقطه نظر مصرف انرژی تهیه و پس از اولویت بندی مهمترین موارد در ماتریس لحاظ شد.

فرصت‌ها و تهدیدات، در برگیرنده تأثیر عوامل محیطی روی صنعت مس کشور است. نقاط قوت و ضـعف نیـز در برگیرنده تأثیر عوامل داخلی روی صنعت مس کشور است که در اثر ساختار، سیاست‌هـا و اسـتراتژی‌هـای گذشـته و فعلی صنعت مس ایجاد شده و منحصر به این صنعت است[۷۴].

بر اساس این ماتریس، راندمان محدود فرآیند، عدم ارتقاء دانش فنی، عدم استفاده از تجهیزات کارآمد و جدیـد،

عدم وجود مدیریت سیستمی و با تجربه، فقدان حمایتهای بخش دولتی و عدم وجود جذابیت برای سرمایه گـذاری از ضعفهای اصلی صنعت مس کشور محسوب می شوند. این در حالی است که وجود نیروی خلاق و متخصص مهمترین نقطه قوت این صنعت محسوب می شود.

۱۲-۳-۲. شناسایی نقاط قوت و ضعف

شناسایی نقاط قوت و ضعف صنعت مس کشور در جهت استفاده از فرصت‌ها و جلوگیری از تهدیدهای ناشـی از محیط بیرونی این صنعت اهمیت ویژه دارد و درجدول۱۲-۱ مورد توجه قرار گرفته است.

لازم به ذکر است که نقاط قوت:

۱. باید مستمر باشند.
۲. برای مشتریان و ذینفعان دارای ارزش باشند.
۳. نقطه برتری این صنعت نسبت به سایر صنایع باشند.

و نقاط ضعف:

۱. قابلیت برتری و رقابت پذیری را کاهش می دهد.
۲. باعث نارضایتی مشتریان و ذینفعان می شود.
۳. هزینه بر است و کارایی و بهره وری را در سازمان کاهش می دهد.

جدول۱۲-۱. ماتریس ارزیابی عوامل داخلی **IFE**

ارزیابی عوامل داخلی IFE
نقاط قوت
داشتن معادن متعدد مس
وجود مدیران با تجربه ، مصمم و طالب تحولات بنیادین در فرآیند بهره برداری از معادن کنونی و اکتشاف معـادن جدید و بهینه سازی مصرف انرژی در فرایند تبدیل کانی مس به مس فلزی با عیار بالا
قابلیت کاهش مصرف ویژه با اعمال مدیریت ساده برمصرف انرژی در صنعت مس کشور
برخورداری از تکنولوژی پیشرفته در برخی از شرکتهای معدنی با مصرف انرژی بهینه
برخورداری از پتانسیلهای معدنی وسیع در سراسر کشور و وجود پتانسیل بسیار بالا برای بهبـود وضـعیت مصـرف انرژی در این صنعت
دسترسی به انرژی نسبتاً ارزان
بومی شدن بسیاری از فرآیندها و ساخت تجهیزات
نیروی انسانی مجرب
شروع هماهنگ سازی ساختار نیروی انسانی برای انجام استراتژیهای نوین
پتانسیل خوب معدنی و داشتن حدود ۳ درصد از ذخایر مس جهان

بهره‌گیری از شرایط انحصاری دولتی
برخورداری از بازار فروش با ثبات
شمول قانونی تجارت بر فعالیتهای شرکت
وابستگی به یک سازمان پشتیبانی مادربا قابلیت برخورداری از منابع داخلی برای انجام فعالیتهای پژوهشی ، توسعه منابع انسانی ، حمایت فنی و آموزش و حمایت مالی و اعتباری
نقاط ضعف
پایین بودن سرمایه گذاری در این صنعت
بالا بودن تلفات ذوب و تلفات زمان توقف
قدیمی بودن تکنولوژی تجهیزات، کهنه و یا معیوب بودن تجهیزات موجود
ضعف در ثبت و تحلیل مصرف انرژی در صنعت مس کشور
عدم دسترسی به دانش فنی کارآمد
عدم وجود برنامه تعمیر و نگهداری مناسب برای تجهیزات
عدم استفاده صحیح از تجهیزات موجود و بالا بودن تلفات در بخشهای مختلف
آلایندگی نسبتا بالای صنعت و اثرات آن در منطقه به خصوص در فرآیند ذوب
فرسوده و قدیمی بودن فناوری‌های شرکت و تاثیر منفی آن بر هزینه و ظرفیت تولید (بالا بودن مصرف انرژی، مواد اولیه و نیروی انسانی در فرآیندهای تولیدی) و بالا بودن هزینه‌های توقف
فقدان ارتباط با مراکز تحقیقاتی، دانشگاهی و اتحادیه‌های صنعتی
فقدان فعالیت‌های R&D در زمینه توسعه‌های منابع انسانی و بهینه‌سازی مصرف انرژی
عدم برخورداری از یک نظام آموزشی برای به روز نمودن دانش فنی متخصصین موجود
دولتی بودن عمده‌ی این صنعت (عدم استقلال کامل مدیریتی به عنوان یک بنگاه اقتصادی خصوصی)
وابستگی تکنولوژی در برخی زمینه ها به سایر کشورها
عدم اعتماد به محققین داخلی
محدود بودن منابع مس و کاهش عیار در معادن
چالش در تامین مالی برای پروژه‌های سرمایه‌گذاری
بالابودن ریسک صنعت در سرمایه‌گذاری در اکتشاف
وابستگی شدید به قیمت جهانی مس به دلیل تک محصولی بودن
عدم برخورداری از واحد حقوقی توانمند
فقدان توجه به بازاریابی استراتژیک و بازاریابی صنعتی
محدود بودن شرکت های مشاور و پیمانکار قوی و تخصصی داخلی در زمینه انرژی
عدم برخورداری از مشاورین قوی و تخصصی در زمینه افزایش راندمان و بهره‌وری انرژی
ضعف شبکه اطلاعات مدیریت از مدیریت مصارف انرژی در صنعت
بالا بودن قیمت تمام شده محصول با توجه به مصرف ویژه انرژی قابل ملاحظه

۱۲-۳-۳. شناسائی فرصت‌ها و تهدیدات محیطی

در این مرحله هدف، شناسایی متغیرهای اصلی است که صنعت مس کشور باید در برابر آن‌ها واکنش عملی نشان دهد. این متغیرها شامل روندها و رویدادهایی هستند که از کنترل این صنعت خارج است. فرصت‌ها و تهدیدهایی که صنعت مس کشور با آن‌ها روبرو می‌شود، در جدول۱۲-۲ ملاحظه می شود. هدف این است که با تدوین نقشه راه مناسب، ضمن بهره‌برداری از فرصت‌ها، اثر عوامل تهدیدکننده کاهش یابد.

جدول۱۲-۲. ماتریس ارزیابی عوامل خارجی **EFE**

ارزیابی عوامل خارجی EFE
فرصت ها
وجود دانشگاههای معتبر برای تربیت متخصصین مرتبط با معدن و وجود نیروی تحصیلکرده و صاحب نظر در زمینه صنعت مس و انرژی در جامعه
توجه و رویکرد اخیر مسئولین کشور به مقوله بهینه سازی مصرف انرژی
احتمال اعطای تسهیلات و وامهای کم بهره برای ارتقاء صنعت مس کشور
وجود پروتکل مکانیسم توسعه پاک CDM
وجود تسهیلات محیط زیست جهانی GEF
وجود شرکت‌های خدمات انرژی ESCO
افزایش قیمت نفت در سالهای اخیر و تقویت ذخایر ارزی کشور و امکان استفاده از امکانات پولی صندوق توسعه و معادن
تصویب قانون برای تشویق سرمایه گذاری خارجی از 1380 و بهبود نسبی محیط برای جذب سرمایه های بیرونی
رشد مصرف انرژی های تجدیدپذیر که از جمله مصرف کنندگان این صنعت به شمار می روند
نیروی انسانی ارزان قیمت
اصلاح قانونی مالیاتهای مستقیم
کسری مس در بازارهای بین المللی
اوجگیری قیمت فلزات پایه علی الخصوص مس و دورنمای خوب انها
رشد روزافزون صنایع مصرف کننده مس در کشور
آماده بودن بسیاری از زیرساختها برای بهینه سازی مصرف انرژی
نیاز روزافزون کشورهای مختلف به ساخت و ساز و ایجاد زیرساخت ها در راستای صنعتی شدن و یا بازسازی خرابی های ناشی از حوادث و بلاهای طبیعی
یکسان سازی نرخ ارز
تهدیدها
کاهش رقابت پذیری با توجه به قیمت تمام شده بالای محصول
حذف تدریجی یارانه‌ها که با توجه به مصرف ویژه انرژی بالای کارخانجات موجود، باعث افزایش شدید قیمت تمام شده محصول می‌شود.
وجود بحرانهای منطقه‌ای و معرفی ایران به مثابه حامی تروریسم و ناقض حقوق بشر و مخالف صلح و در نتیجه

پیدایش بی ثباتی در روابط خارجی ایران با دیگر کشورها
عدم وجود آیین نامه‌های شفاف و مؤثر در جهت بهبود وضعیت موجود
عدم وجود قوانین کارآمد برای اعطای تسهیلات،
عدم وجود قوانین کارآمد برای جلوگیری از راه اندازی کارخانجات کم بازده
وجود رقبای خارجی
عدم امکان پیش بینی هزینه و دسترسی به انرژی
قرار گرفتن ایران در فهرست کشورهایی که دارای خطرپذیری بالا برای سرمایه گذاری خارجی هستند
عدم همکاری ادارات و سازمانهای مذکور در تأمین زیر ساخت های لازم شامل زمین، آب ، برق، سوخت و ارتباطات
عدم همکاری ادارات و سازمان های ذیربط در ارائه مجوزات قانونی به معادن جدید(منابع طبیعی، محیط زیست، سازمان صنایع و معادن و...)
عدم برخورداری از بازارهای متنوع
محدودیت‌های بین‌المللی که از یک سو خرید برخی از تجهیزات و دستگاه‌ها را بسیار دشوار نموده است و از طرفی قدرت انتخاب و چانه زنی شرکت را کاهش داده است و درهر صورت باعث افزایش قیمت تمام شده می‌شود
وجود موانع گوناگون اجتماعی ، مالی و حقوقی در برابر طرحهای خصوصی سازی
گسترش بحرانهای اجتماعی ، بدلیل رشد بیکاری و افزایش تورم
نبود ثبات سیاسی درداخل ،بدلیل فقدان شناخت و توانایی برای برپایی وفاق ملی و ایجاد تنش در روابط ایران با برخی کشورهای صنعتی ، توسط نهادهای موازی با وزارت امور خارجه
تغییرات پی در پی مدیریت شرکت و به تبع آن عدم آرامش فکری در تیم مدیریتی

۱۲-۳-۴. ماتریس عوامل تاثیرگذار (ضعفها، قوتها، فرصتها و تهدیدها) بر صنعت مس کشور

تعیین استراتژی برای حرکت شرکتهای صنعتی و تجاری در ایران، به ویژه در مقطعی از زمان که بحث جهانی شدن، در دستور کار عوامل اقتصاد اغلب کشورهای صنعتی قرار دارد، از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از محیط بیرونی و قرار دادن فعالیتهای درونی بنگاه یکی از گام‌های اساسی در برنامه‌ریزی استراتژیک می‌باشد برای این منظور می‌توان ضمن بهره‌گیری از تکنیک SWOT و قرار دادن هریک از نقاط قوت و ضعف داخلی شرکت در مقابل فرصتها و محدودیتهای بیرونی ، فعالیت اصلی تدوین استراتژی بنگاه را به پیش برد، به‌طور مثال می‌توان فرصت های محیطی را با قوت های درونی پیوند زد و استراتژیSO را مطرح نمود همینطور فرصتهای محیطی رابا ضعفهای درونی پیوند زد و استراتژی WO را مطرح کرد.

جدول۱۲-۳. جدول تعیین اهداف استراتژیک بر مبنای فرصتها، تهدیدها، قوتها و ضعفها با رویکرد انرژی

	فرصتها	تهدیدها
	وجود دانشگاههای معتبر برای تربیت متخصصین مرتبط با معدن و وجود نیروی تحصیلکرده و صاحب نظر در زمینه صنعت مس و انرژی در جامعه	کاهش رقابت پذیری با توجه به قیمت تمام شده بالای محصول
	توجه و رویکرد اخیر مسئولین کشور به مقوله بهینه سازی مصرف انرژی	حذف تدریجی یارانه ها که با توجه به مصرف ویژه انرژی بالای کارخانجات موجود، باعث افزایش شدید قیمت تمام شده محصول می شود
	احتمال اعطای تسهیلات و وامهای کم بهره برای ارتقاء صنعت مس کشور	وجود بحرانهای منطقه ای و معرفی ایران به مثابه حامی تروریسم و ناقض حقوق بشر و مخالف صلح و در نتیجه پیدایش بی ثباتی در روابط خارجی ایران با دیگر کشورها
	وجود پروتکل مکانیسم توسعه پاک CDM	عدم وجود آیین نامه های شفاف و مؤثر در جهت بهبود وضعیت موجود
	وجود تسهیلات محیط زیست جهانی GEF	عدم وجود قوانین کارآمد برای اعطای تسهیلات
	وجود شرکت‌های خدمات انرژی ESCO	وجود رقبای خارجی
	افزایش قیمت نفت در سالهای اخیر و تقویت ذخایر ارزی کشور و امکان استفاده از امکانات پولی صندوق توسعه و معادن	عدم امکان پیش بینی هزینه و دسترسی به انرژی
	تصویب قانون برای تشویق سرمایه گذاری خارجی از ۱۳۸۰ و بهبود نسبی محیط برای جذب سرمایه های بیرونی	قرار گرفتن ایران در فهرست کشورهایی که دارای خطرپذیری بالا برای سرمایه گذاری خارجی هستند
	رشد مصرف انرژی های تجدیدپذیر که از جمله مصرف کنندگان این صنعت به شمار می روند	عدم همکاری ادارات و سازمانهای مذکور در تأمین زیر ساخت های لازم شامل زمین، آب ، برق، سوخت و ارتباطات
	نیروی انسانی ارزان قیمت	عدم همکاری ادارات و سازمان های ذیربط در ارائه مجوزات قانونی به معادن جدید(منابع طبیعی، محیط زیست، سازمان صنایع و معادن و...)
	کسری مس در بازارهای بین المللی	عدم برخورداری از بازارهای متنوع
	اوجگیری قیمت فلزات پایه علی الخصوص مس و دورنمای خوب آنها	محدودیت‌های بین‌المللی که از یک سو خرید برخی از تجهیزات و دستگاه‌ها را بسیار دشوار نموده است و از طرفی قدرت انتخاب و چانه‌زنی شرکت را کاهش‌داده است و در هر صورت باعث افزایش قیمت تمام شده می‌شود.
	رشد روزافزون صنایع مصرف کننده مس در کشور	وجود موانع گوناگون اجتماعی، مالی و حقوقی در برابر طرحهای خصوصی سازی
	آماده بودن بسیاری از زیرساختها برای بهینه‌سازی مصرف انرژی	گسترش بحرانهای اجتماعی ، بدلیل رشد بیکاری و افزایش تورم
	نیاز روزافزون کشورهای مختلف به ساخت و ساز و ایجاد زیرساخت‌ها در راستای صنعتی شدن و یا بازسازی خرابی‌های ناشی از حوادث و بلاهای طبیعی	نبود ثبات سیاسی درداخل ،بدلیل فقدان شناخت و توانایی برای برپایی وفاق ملی و ایجاد تنش در روابط ایران با برخی کشورهای صنعتی ، توسط نهادهای موازی با وزارت امور خارجه

قوتها	قوت-فرصت	قوت-تهدید
وجود مدیران با تجربه ، مصمم و طالب تحولات بنیادین در فرآیند بهره‌برداری از معادن کنونی و اکتشاف معادن جدید و بهینه سازی مصرف انرژی قابلیت کاهش مصرف ویژه با اعمال مدیریت ساده برمصرف انرژی در صنعت مس کشور برخورداری از بازار فروش با ثبات برخورداری از تکنولوژی پیشرفته در برخی از شرکتهای معدن با مصرف انرژی بهینه برخورداری از پتانسیلهای معدنی وسیع در سراسر کشور و وجود پتانسیل بسیار بالا برای بهبود وضعیت مصرف انرژی در این صنعت دسترسی به انرژی نسبتاً ارزان بومی شدن بسیاری از فرآیندها و ساخت تجهیزات نیروی انسانی مجرب شروع هماهنگ سازی ساختار نیروی انسانی برای انجام استراتژیهای نوین پتانسیل خوب معدنی و داشتن حدود ۳ درصد از ذخایر مس جهان بهره گیری از شرایط انحصاری دولتی شمول قانونی تجارت بر فعالیتهای شرکت وابستگی به یک سازمان پشتیبانی مادربا قابلیت برخورداری از منابع داخلی برای انجام فعالیتهای پژوهشی ، توسعه منابع انسانی ، حمایت فنی و آموزش و حمایت مالی و اعتباری	تأمین منابع انسانی در صنعت مس کشور ارتقاء صنعت مس آموزش و استقرار مدیریت انرژی	کاهش مصارف انرژی در صنعت مس آموزش و استقرار مدیریت انرژی تدوین آیین نامه های مناسب زیست محیطی و انرژی دستیابی به بازار

ضعفها	فرصت-ضعف	ضعف-تهدید
بالا بودن تلفات ذوب و تلفات زمان توقف	ارتقاء صنعت مس	تدوین آیین نامه های مناسب در رابطه با انرژی و محیط زیست
کم بودن راندمان ظرفیت	مشاوره و استقرار مدیریت انرژی	کاهش مصارف انرژی در صنعت مس رقبا
قدیمی‌بودن تکنولوژی تجهیزات، کهنه‌یامعیوب بودن تجهیزات موجود	ارتقاء تکنولوژی در صنعت مس	دستیابی به بازار
ضعف در ثبت و تحلیل مصرف انرژی در صنعت مس کشور	ارتقاء تکنولوژی مواد	ارتقاء تکنولوژی مواد
عدم دسترسی به دانش فنی کارآمد	استفاده از تسهیلات جهانی برای اجرای راهکارهای کاهش مصرف انرژی	ارتقاء صنعت مس
عدم وجود برنامه تعمیر و نگهداری مناسب برای تجهیزات		تأمین منبع انرژی قابل اعتماد و پایدار
عدم استفاده صحیح از تجهیزات موجود و بالا بودن تلفات در بخشهای مختلف		
آلایندگی نسبتا بالای صنعت و اثرات آن در منطقه به خصوص در فرآیند ذوب		
فرسوده و قدیمی بودن فناوری‌های شرکت و تاثیر منفی آن بر هزینه و ظرفیت تولید (بالا بودن مصرف انرژی، مواد اولیه و نیروی انسانی در فرآیندهای تولیدی) و بالا بودن هزینه‌های توقف		
فقدان ارتباط با مراکز تحقیقاتی ، دانشگاهی و اتحادیه های صنعتی		
عدم برخورداری از یک نظام آموزشی برای به روز نمودن دانش فنی متخصصین موجود		
وابستگی تکنولوژی در برخی زمینه ها به سایر کشورها		
عدم استقلال کامل مدیریتی به عنوان یک بنگاه اقتصادی خصوصی		
محدود بودن منابع مس شرکت و کاهش عیار در معادن		
بالابودن ریسک صنعت در سرمایه‌گذاری در اکتشاف		
وابستگی شدید شرکت به قیمت جهانی مس به دلیل تک محصولی بودن		
فقدان توجه به بازار یابی استراتژیک و بازاریابی صنعتی		
محدود بودن شرکت های مشاور و پیمانکار قوی و تخصصی داخلی در زمینه افزایش راندمان و بهره‌وری انرژی		
بالا بودن قیمت تمام شده محصول با توجه به مصرف ویژه انرژی قابل ملاحظه		

energyenergy.ir

برای تدوین نقشه راه صنعت مس کشور باید با تقویت نقاط قوت و استفاده از فرصتها در جهت حذف نقطه ضعفها و مقابله با تهدیدهای موجود برای این صنعت، گام برداشت. بر این اساس اهداف استراتژیک این صنعت بر مبنای جدول۱۲-۴ تعیین شد. در نهایت با ادغام نمودن برخی از این موارد، اهداف استراتژیک این صنعت در قالب ۱۱ بخش مطابق جدول۱۲-۴ مشخص گردید. بر مبنای اهداف استراتژیک (کلان)، اهداف خرد تعیین و اقدامات مورد نیاز برای دستیابی به اهداف خرد نیز مشخص می‌شود.

هنگامی که یک شرکت در صنت در نظر دارد تا محصول بیشتر و یا جدیدتری را عرضه نماید و یا به بازارهای جدید وارد شود. در این راستا راهبردهای فرعی زیر مورد تاکید قرار می‌گیرد.

جدول۱۲-۴. اهداف استراتژیک تعیین شده برای صنعت مس کشور

مجموعه اهداف استراتژیک قابل بررسی	اهداف استراتژیک صنعت مس کشور
-ارتقاء صنعت مس -ارتقاء تکنولوژی در صنعت مس -کاهش مصارف انرژی در صنعت مس	**ارتقاء صنعت مس**
-ارتقاء تکنولوژی مواد	**ارتقاء تکنولوژی مواد**
-جلوگیری از ایجاد کارخانه های کم بازده با قوانین کارآمد -تدوین آیین نامه های مناسب زیست محیطی و انرژی	**دستیابی به اهداف زیست محیطی**
-تأمین منبع انرژی قابل اعتماد و پایدار	**تأمین منبع انرژی قابل اعتماد و پایدار**
-استفاده از تسهیلات جهانی برای اجرای راهکارهای کاهش مصرف انرژی -دستیابی به بازار	**تأمین نیازهای بازار و محصولات از دیدگاه تولید و انرژی**
-تأمین منابع انسانی خبره انرژی در صنعت مس -آموزش، مشاوره و استقرار مدیریت انرژی	**تأمین منابع انسانی کارآمد**
-اکتشاف معادن و محصولات جدید -استراتژی گزینش در قبال سرمایه گذاری خارجی -بالنده نمودن مدیریت منابع انسانی -ورود به بازارهای جدید -ایجاد مراکز پیش بینی و انتقال تکنولوژی	**عملکردهای تهاجمی**
-بازسازی و نوسازی برخی معادن -پیشبرد فعالیتهای R&D -بهبود تواناییهای ارتباطی شرکت -کاهش هزینه های ثابت -فرآوری محصولات و بهبود تواناییهای بهره برداری	**عملکردهای محافظه کارانه**

مجموعه اهداف استراتژیک قابل بررسی	اهداف استراتژیک صنعت مس کشور
-توجه به بازاریابی استراتژیک -فضا سازی جهت جذب سرمایه گذاری خارجی و داخلی	**عملکردهای رقابتی**
-خصوصی سازی مختلط -رها سازی برخی داراییها -تعدیل تدریجی نیروی انسانی غیر ماهر -فروش کالاهای مازاد	**عملکردهای رها سازی**
ایجاد مقررات معدنکاری سازگار با استانداردهای بین المللی واستانداردهای محیط زیست	**یکسان سازی ضوابط و مقررات معدنکاری**

۱۲-۳-۵. قدرت رقبا

رقبا قوی‌ترین نیروی تشکیل دهنده ساختار رقابت در یک صنعت است. کنش و واکنش رقبا برای جذب مشتری، دسترسی به مواد اولیه، مالکیت شبکه توزیع و غیره قواعد رفتاری در یک صنعت را می‌سازند. ایران از حیث داشتن ذخایر معدنی میان ده تولیدکننده اول مس دنیا قرار دارد. درکشورهای خاورمیانه و حوزه خلیج فارس تنها ایران و عمان دارای معدن مس فعال بوده و ظرفیت تولید کشورعمان هم قابل توجه نیست، از این رو با در نظر گرفتن کرایه حمل و عدم توجیه خرید از مناطق دوردست، ظرفیت صادرات محصولات مس ایران به این کشورها وجود دارد[۷۴].

نکته مهمی که توجه به آن ضروری است، وجود معدن مس آیناک در افغانستان است. این معدن بزرگترین معدن مس افغانستان و دومین معدن بزرگ جهان است که در صورت راه اندازی، افغانستان را در ردیف ۱۵ کشور نخست تولیدکننده مس دنیا قرار می دهد .محل این معدن واقع در ۱۵ کیلومتری جنوب شرق کابل است و هم اکنون یک شرکت چینی با هزینه ۳ میلیارد دلار استخراج آن را برعهده گرفته است .البته به دلیل مشکلات امنیتی و عدم تجربه دولت افغانستان در کارکردن با شرکت‌های بزرگ بین المللی، احتمال موفقیت در کوتاه مدت، کم است[۷۴].

فصل سیزدهم:
مدل توسعه فناوری و تکنولوژی
در صنایع جدیدالاحداث و موجود با استفاده از
مطالعات تهدیدها و فرصت ها و با محوریت مدیریت انرژی

در انتخاب تکنولوژی مناسب، بازده انرژی بالا تنها معیار انتخاب نمی باشد. علیرغم این که تجهیزات با راندمان بالا مصرف انرژی کمتری دارند، اما در بسیاری از موارد هزینه سرمایه گذاری پایین، عملیات ساده و تعمیر و نگهداری ساده‌تر، منجر به انتخاب تکنولوژیهایی با راندمان پایین توسط سرمایه‌گذاران می‌شود.

امروزه با توجه به افزایش روزافزون هزینه‌های انرژی، کمبود منابع انرژی و محدودیت‌های زیست محیطی، اهمیت انتخاب تکنولوژی با راندمان بالا از دیدگاه انرژی افزایش یافته است. در نتیجه با اعطای تسهیلات مالی به سرمایه‌گذاران این بخش، می‌توان شرایطی را فراهم نمود که تجهیزات با راندمان بالا در کارخانجات در دست احداث مورد استفاده قرار گیرند.

۱۳-۱. استفاده از فناوری‌های جدید محور فعالیت‌های اکتشافی مس

امور اکتشافات و مهندسی توسعه شرکت ملی صنایع مس ایران با در نظر گرفتن دو اصل مهم «بهبود مستمر» و «نو شدن دائم» برای دستیابی به تولید ۴۰۰ هزار تن مس خالص در سال ۹۸، به بهینه‌سازی فعالیت‌های اکتشافی مصمم شد تا همزمان با کاهش هزینه‌ها از موثرترین روش‌ها و فناوری‌های نوین در عرصه اکتشافات بهره جوید.

این بهینه‌سازی بر خلاف تصورات غیرکارشناسی به‌معنای تعلیق و یا کاهش فعالیتهای اکتشافی نیست. امور اکتشافات و مهندسی توسعه شرکت مس اطمینان می‌دهد که در راستای بهینه‌سازی و اولویت بندی فعالیتهای اکتشافی، باوجود کاهش هزینه‌های پیش‌بینی شده نسبت به سنوات قبل، هیچیک از فعالیتهای اکتشافی و سرفصل‌های عملیات اکتشاف از دستور کار امور اکتشافات و مهندسی توسعه خارج نشده است.

همچنین اجرای بهینه مطالعات اکتشافی، ایجاد بستر مناسب جهت استفاده از فرصت‌های جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی، ارائه مسیری روشن و برنامه‌ای مدون جهت هدایت فعالیت‌های اکتشافی، فراهم کردن ابزاری قابل اعتماد در تصمیم‌گیری‌های کلان شرکت و ایجاد بستری مناسب جهت اجرای فعالیت‌های اکتشافی با رویکرد حفظ محیط زیست از دیگر الزامات بهینه‌سازی در امور اکتشافی شرکت مس است.

مطالعات کارشناسی در سراسر جهان نشان می‌دهد که روند تولید در معادن در آینده (صرف نظر از نوع ماده معدنی) به مشکلات نسبتا جدیدی برخورد خواهد کرد، این مشکلات سبب اثرگذاری منفی بر تولید معادن دنیا می‌شود که معمولاً تحقق پیش بینی ها در خصوص تولید را با تردید همراه می سازند.

کم شدن عیار متوسط مس در معادن، کاهش احتمال کشف معادن بزرگ، افزایش ریسکهای اجرائی معدنکاری با عمیق شدن معادن، حد استخراج روباز و زیر زمینی، کاهش احتمال اکتشاف معادن با عیار بالا، کمبود آب، حوادث و بلایای طبیعی و مشکلات اجتماعی و منطقه ای را از جمله دلایل و ضرورت‌های بهینه‌سازی در امور اکتشافی صنعت مس می توان برشمرد.

با توجه به کشف و شناسایی معادن زیادی در چند دهه گذشته در سطح جهان، کشف ذخایر جدید به‌خصوص در مناطقی که تحت پوشش فعالیت‌های اکتشافی در گذشته بوده‌اند دشوار و دشوارتر می‌شود و هر چه زمان می‌گذرد با کشف شدن معادنی که شواهد و نشانه‌های بیشتری را بروز داده‌اند کاوشگر معدنی به ناچار به‌سوی کشف معادنی باید باشد که از دید تیزبین گذشتگان مخفی مانده‌اند و معمولا آثار عمده‌ای در سطح زمین از خود به جا نگذاشته‌اند.

از دیگر سو، علم اکتشاف مواد معدنی نیز به‌صورت یک علم پویا در حال تکوین و تکامل است و با به‌کارگیری فناوری‌های نو به‌سوی یافتن روش‌های نوین و یا پویاتر کردن روش‌های اکتشافی شناخته شده گام برمی‌دارد. لذا آشنایی با روش‌های نوین اکتشاف از جمله ضروریات است در چنین شرایطی عدم به‌کارگیری نیروهای کارآمد و مدیریت با تجربه و آشنا با تکنولوژی‌های روز در حیطه اکتشاف مواد معدنی سبب هدر رفتن سرمایه‌های ملی، از دست دادن زمان جهت دستیابی به معادن جدید و در نتیجه سد کردن توسعه اقتصادی در دید کلان آن می‌شود. در این بخش گذری کوتاه به آخرین تکنیک‌های اکتشافی که در چند سال اخیر در سطح جهان مطرح گشته‌اند خواهیم داشت، در ادامه به تکنیک‌های جدید در هر مرحله از مطالعات اکتشافی که شامل مطالعات ماهواره‌ای، زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک و حفاری‌های اکتشافی هستند اشاره می‌شود.

داده‌های حاصل از ماهواره‌ها در تشخیص برخی کانی‌ها، زون‌های آلتراسیون، ساختمان‌های زمین‌شناسی و تکتونیکی، استفاده در توپوگرافی، تشخیص تقریبی نوع سنگ کاربرد دارند.

ماهواره‌های Landsat, Aster, JERS-1 از آن جمله‌اند که مجهز به سنسورهای جذب امواج EM در دامنه طول موجی مرئی تا مادون قرمز (۴ تا ۱۵ باند) هستند. در چند سال اخیر به‌منظور افزایش قدرت تفکیک امواج و شناسایی دقیق‌تر انواع کانی‌ها سنسورهای Hyperspectral که قادر به تفکیک ۲۲۰ باند هستند ابداع شده‌اند. این سنسورها برای اولین‌بار در سال ۲۰۰۰ در ماهواره OE-۱ به‌کار گرفته شدند و حدود ۲۰ کانی را با استفاده از داده‌های هایپرین می‌توان تشخیص داد و بدین ترتیب می‌توان اطلاعات با ارزشی جهت شناسایی نواحی مستعد معدنی با استفاده از این داده‌ها کسب کرد، علاوه بر به‌کارگیری ماهواره، ثبت داده‌های حاصل از انعکاس امواج EM از طریق اسکنرهای Hyperion با نصب سنسورهای مذکور در هواپیما نیز انجام می‌یابد (Hyperspectral Airborne)

در این روش اسکنر درهر روز حدود ۶ـ۵ گیگابایت داده را جمع‌آوری می‌کند و در هر روز می‌توان حدود ۳۵۰۰ کیلومتر مربع از سطح زمین را برداشت کرد. بنابراین در مدت کوتاهی منطقه وسیعی را می‌توان زیر پوشش قرار داد که این امر باعث شناسایی اولیه نواحی مستعد معدنی در زمان کوتاه می‌شود و انواع زون‌های آلتراسیون و زون‌های اکسیدی آهن (هماتیتی، گوتیتی، ژاروسیتی) با این روش قابل تفکیک هستند.

با استفاده از سنسورهای پلاریمتریک SAR[47] که امواج مایکروویو را فرستاده و انعکاس آنها را از زمین دریافت می‌کند (سنسورهای نوع Active) امکان تشخیص انواع سنگ‌ها وجود دارد، امواج مذکوراز ابرها و گیاهان هم عبور می‌کنند و بنابراین در مناطق با پوشش ابری گسترده و جنگلی کاربرد بیشتری دارند. ضمنا با استفاده از امواج TIR[48] نیز که توسط ماهواره‌های Aster و Hyperion نیز ثبت می‌شوند با تشخیص میزان سیلیس در سنگ‌ها تا حدودی نوع سنگ‌ها قابل تفکیک است. بدیهی است این تکنولوژی در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی به‌خصوص در مناطق صعب‌العبور و کوهستانی کاربرد دارد. ضمنا با استفاده از سنسورهای SAR مناطق تکتونیکی که ممکن است جایگاه ذخایر معدنی باشند نیز به خوبی شناسایی می‌شوند. از امواج TIR علاوه بر تشخیص سنگ‌ها، در اندازه‌گیری گرادیان حرارتی زمین نیز استفاده می‌شود که جهت شناسایی مناطق ژئوترمالی و ذخایر سطحی سولفوره (حرارت محیط بر اثر اکسیداسیون سولفورها افزایش می‌یابد) کاربرد دارند. تکنولوژی مطالعات ماهواره‌ای به سرعت در حال پیشرفت است و کارآیی نرم‌افزارهای مربوطه در تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز در حال افزایش است[۷۵].

۱۳-۱-۱. ژئوشیمی اکتشافی

احتمال ثبت نشدن آنومالی‌هایی از عناصر در مناطق تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی همواره از دغدغه‌های عمده کارشناسان مربوطه بوده است و جهت ثبت کردن کلیه آنومالی‌ها هر چند کوچک در مناطق اکتشافی روش‌های زیادی در چند دهه گذشته مورد آزمایش و اجرا شده است. از جمله این روش‌ها که البته چندان هم جدید نیست ولی در کشور ما هنوز هم در برخی از پروژه‌های ژئوشیمیایی بدان توجه نمی‌شود انتخاب مناسب‌ترین اندازه دانه‌های خاک و یا نمونه خردایش شده است که عنصر و یا عناصر معدنی مورد نظر در آن سایز بیشترین تمرکز را دارا هستند (Orientation Survey) با این روش و مشخص کردن سایز بهینه باعث می‌شود که آنومالی‌های احتمالی موجود در ناحیه به نحو بارزتری نمایان شوند.

بسیاری از عناصر در فازهای شیمیایی خاصی تمرکز بیشتری می‌یابند. در چند سال اخیر جهت جدا کردن فازهای مذکور از کل نمونه و در نتیجه بازیابی عنصر مورد نظر روش‌های مختلفی آزمایش و تجربه شده است. این روش‌ها را به‌صورت کلی، Partial Geochemical Analysis نامیده‌اند و در مواردی که ضخامت زیادی از خاک بر روی ذخیره معدنی قرار داشته باشد و فاصله ذخیره تا سطح زمین زیاد باشد کارآیی خود را نشان داده‌اند.

[47] . Synthetic Aparture Radar
[48] . Thermal InfraRed

معمولا یون‌های عناصر از عمق به‌صورت عمودی حرکت کرده و آثاری از خود (معمولا ناچیز) در پوشش بالا قرار می‌دهند که با استفاده از این روش‌ها امکان ثبت آنومالی‌ها بیشتر می‌شود. در این روش‌ها تقریبا تمرکز عناصر را در ۶ فاز تعریف کرده‌اند که شامل نمک‌های حل شدنی، کانی‌های رسی، کربنات‌ها و سولفات‌ها، اکسیدهای آهن و منگنز و غیره هستند. با توجه به تمرکز بیشتر هر عنصر در فاز به‌خصوص، با جدا کردن فاز مربوطه از کل نمونه، آنومالی احتمالی به‌صورت واضح‌تری خود را نشان می‌دهد.

کارآیی این روش‌ها نسبت به روش‌های معمول اکتشافات ژئوشیمیایی در محدوده‌هایی که آثار عناصر معدنی و غلظت آنها در خاک سطحی ناچیز بوده است بسیار بیشتر بوده و آنومالی‌های حاصله کشف معادن جدیدی را سبب شده‌اند. ذیلا به چند روش جداسازی اشاره می‌شود[۷۵]:

۱- روش Gold – BLEG Bulk Leach Extractable

این روش عمدتا برای شناسایی آنومالی‌های طلا کاربرد دارد، در این روش نمونه خاک به‌وسیله سیانید سدیم (NaCn) لیچد شده و محلول حاصل را آنالیز می‌کنند. با استفاده از این روش تاکنون چندین معدن طلا در سطح جهان کشف شده و از جمله متدهای مطمئن در اکتشافات ژئوشیمیایی طلا است[۷۵].

۲- روش Leach Enzyme

برخی از عناصری که از ذخیره معدنی موجود در عمق زمین وارد پوشش خاک سطحی می‌شوند جذب اکسیدهای منگنز موجود در خاک شده و در آن فاز قرار می‌گیرند. در این روش با استفاده از واکنش آنزیمی، اکسیدهای منگنز در نمونه خاک را به‌صورت Selective جدا می‌کنند و عناصر وجود در آن که عمدتا فلزات پایه و قیمتی هستند اندازه‌گیری می‌شود. این روش برای اکتشافات ژئوشیمیایی طلا، فلزات پایه و همچنین کیمبرلیت‌های الماس دار کاربرد دارد[۷۵].

۳- روش Extraction – MMI Mobile Metal Ion

در این روش یون‌های فلزی موجود در خاک سطحی را جدا می‌کنند، در صورت وجود ذخایر معدنی فلزی در عمق زمین، یون‌های عناصر به سمت بالا حرکت کرده و با پیوند ضعیفی در خاک‌های سطحی تمرکز می‌یابند. در این روش یون‌های فلزاتی نظیر Au ,Ag, Ni, Zn, Pb, Cu را با به‌کارگیری حلال‌های شیمیایی متفاوت از نمونه خاک استحصال کرده و محلول حاصله را با روش ICP آنالیز می‌کنند. این روش در اکتشاف عناصر نادر خاکی (REE) نیز ثمربخش بوده است. در سال‌های اخیر چندین معدن طلا و مس با روش MMI کشف شده است. از سوی دیگر یون‌های عناصر گاهی در فاز گازی با جدا شدن از ذخایر مدفون در عمق زمین به سمت بالا حرکت کرده و در پوشش خاک سطحی و یا در هوای نزدیک سطح زمین تمرکز می‌یابند بر همین اساس، گازهای موجود در خاک و یا هوای سطحی را جهت پی بردن به وجود ذخایر در عمق نمونه‌گیری و آنالیز می‌کنند. این نوع نمونه‌گیری در اکتشاف

ذخایر نفت و گاز از دیرباز کاربرد خوبی داشته است و استفاده از آن در اکتشاف ذخایر فلزی نیز در حال گسترش است[۷۵].

۴- روش ژئوشیمی آب (Geochemistry Aqueous)

نمونه‌برداری از آب‌های عمقی (آب زیرزمینی) و سطحی در اکتشاف منابع معدنی و ردیابی ذخایر معدنی همواره مطرح بوده است. در سال‌های اخیر با ورود دستگاه‌ها و تکنیک‌های جدید آنالیز مانند ICP-MS که مقادیر بسیار جزیی عناصر را نیز اندازه‌گیری می‌کند، اکتشافات ژئوشیمیایی آب در حال گسترش است. از این روش به‌خصوص در مناطق مستعد معدنی که چاه‌های آب کشاورزی حفر شده‌اند در اکتشاف ذخایر معدنی می‌توان استفاده کرد[۷۵].

۱۳-۱-۲. تازه‌های اکتشافات ژئوفیزیکی

همان‌طور که می‌دانیم ژئوفیزیک اکتشافی شامل پنج روش اصلی الکتریکی ـ مغناطیس‌سنجی، رادیومتری، گراویمتری و لرزه‌نگاری است که هر یک از این روش‌ها به‌صورت مستقل و یا همراه با دیگر روش‌ها جهت اکتشاف ذخایر معدنی و حوضه‌های نفت و گاز کاربرد دارند، در سال‌های اخیر شرکت‌های سازنده تجهیزات ژئوفیزیکی همواره در جهت ساخت دستگاه‌های فرستنده که توان انتشار قوی‌تر و کنترل شده امواج به زمین را دارا باشند و گیرنده‌هایی که توان ثبت واقعی‌تر داده‌های برگشتی از زمین را داشته باشند تلاش کرده‌اند و کارشناسان ژئوفیزیک در سه بخش ارتقای تکنولوژی دستگاه‌ها، بهینه کردن روش‌های اندازه‌گیری هوایی و زمینی و همچنین کامل‌تر کردن نرم‌افزارهای مربوطه به‌منظور واقعی‌تر کردن محل، شکل و ابعاد آنومالی‌های کشف شده تلاش می‌کنند. در اینجا به چند مورد جدید و کاربردی اشاره می‌شود[۷۵].

۷- روش اندازه‌گیری۲۴- Titan

این روش از جدیدترین روش‌های الکتریکی است که در آن پارامترهای مقاومت (RS)، شارژ ابیلیته (IP) و مقاومت مگنتوتلوریک (MT) در طبقات زمین اندازه‌گیری می‌شود و می‌توان تا عمق ۱/۵ کیلومتری را مورد مطالعه و اندازه‌گیری قرار داد و بنابراین جهت اکتشاف معادن عمیق و پنهان در اعماق زمین بسیار کارآیی دارد، مقادیر IP تا عمق ۷۵۰ متری و مقادیر MT تا عمق ۱/۵ کیلومتری در این روش قابل اندازه‌گیری است، اندازه‌گیری‌ها بر روی یک خط یا شبکه و همزمان در ۲۴ ایستگاه انجام می‌یابد و با تلفیق داده‌های فوق، درجه اطمینان آنومالی‌های حاصله افزایش می‌یابد. این تکنیک از جمله روش‌هایی است که در چند سال اخیر در سطح جهان در پروژه‌های اکتشافی بسیار مورد توجه قرار گرفته است[۷۵].

۸- روش E-scan Surveys

این روش نیز از جمله روش‌های جدید الکتریکی است که نوعی اندازه‌گیری مقاومت و IP است. عمق اندازه‌گیری آن تا ۶۰۰ متر بوده و نفوذپذیری جریان ارسالی در زمین با قدرت بالاتری نسبت به روش‌های معمول است. در این روش حدود یکصد الکترود و یا بیشتر برروی شبکه‌ای در سطح یک کیلومترمربع و یا بیشتر قرار می‌دهند و جریان اولیه به یک الکترود وصل شده و مقاومت در همه الکترودها قرائت می‌شود، هر یک از الکترودها به‌تدریج به‌عنوان الکترود جریان اولیه عمل کرده و بدین ترتیب حجم بسیار زیادی داده جمع‌آوری می‌شود. داده‌ها با استفاده از کامپیوتر در قالب سلول‌های سه بعدی نشان داده می‌شوند و نهایتا مقاومت حجمی از ناحیه به‌صورت سه بعدی نمایش داده می‌شود. این روش در اکتشاف کانسارهای طلای اپی ترمال، نواحی ژئوترمال، پایپ‌های کیمبرلیتی و... کاربرد خوبی دارد[۷۵].

۹- دستگاه های جدید مگنتومتر

دستگاه های جدید مگنتومتر داده‌های میدان مغناطیسی را در حافظه ثبت کرده و پس از انجام تصحیحات مربوطه با اتصال آن به پلاتر، نقشه کنتوری داده‌ها را ترسیم می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم روش مغناطیس سنجی کاربردهای فراوانی در اکتشاف انواع کانسارها دارند و در تشخیص نواحی آهن‌دار، نواحی آلتراسیون، توده‌های نفوذی پنهان، شناسایی گسل‌ها و کنتاکت‌های زمین‌شناسی در عمق و بسیاری موارد دیگر قابل استفاده هستند[۷۵].

۱۰- D EM-IP Modeling and Imaging System

روش جدیدی در تجزیه و تحلیل داده‌های IP و EM جهت تفکیک بهتر آنومالی‌ها و ارزش‌دهی به آنها مورد استفاده قرار گرفته است که به نام، D EM-IP Modeling and Imaging System۳ است. در این روش با تلفیق کردن داده‌های فوق و ساخت مدل سه بعدی، آنومالی‌ها به‌صورت واقعی‌تر ثبت می‌شوند[۷۵].

۱۱-روش‌های لرزه‌نگاری (Seismic)

از روش‌های لرزه‌نگاری (Seismic) معمولا جهت اکتشاف منابع نفت و گاز استفاده می‌شده ولی جدیدا از این‌گونه روش‌ها جهت اکتشاف ذخایر فلزی واقع در اعماق بیش از ۵۰۰ متری زمین نیز استفاده می‌شود. با استفاده از روش لرزه‌نگاری انعکاسی سه بعدی (D-Seismic Reflection۳) ذخایر معدنی تا عمق ۳ کیلومتری نیز قابل شناسایی هستند و کانسارهایی از تیپ ماسیوسولفاید، Sedex، IOCG (کانسارهای مس و طلای آهن اکسیدی) با این روش مورد اکتشاف قرار گرفته‌اند. در صورتی‌که امواج از طبقات زمین خوب منعکس نشوند با حفر چاه و قراردادن سایزمومتر در عمق چاه (Borehole Seismic) نسبت به ثبت امواج اقدام می‌کنند[۷۵].

۱۲-روش اندازه‌گیری همزمان مولفه‌های میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی

روش اندازه‌گیری همزمان مولفه‌های میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی زمین که به نام امواج مگنتوتلوریک(Magnetotelluric) شناخته می‌شوند در حال پیشرفت است در این روش تغییرات میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در فرکانس‌های مختلف اندازه‌گیری می‌شود و قابلیت هدایت الکتریکی طبقات زمین با استفاده از نسبت بین مولفه‌های الکتریکی و مغناطیسی تعیین می‌شود (MT Apparent Resistivity). این روش با توجه به دامنه فرکانس امواج جهت اکتشاف در اعماق مختلف کاربرد دارد. نوعی از این روش که در سال‌های اخیر کاربرد زیادی در اکتشاف ذخایر معدنی پیدا کرده به نام، (CSAMT) Controlled Source Audio Magnetotelluric است که جریان الکتریکی در دامنه فرکانسی مشخص به زمین ارسال می‌شود[۷۵].

۱۳-۱-۳. آخرین روش‌های مورد استفاده در حفاری اکتشافی

دستگاه‌های حفاری بسته به اهداف مورد نظر در کار متنوع هستند و به‌طور کلی با توجه به تنوع در روش‌های حفر چاه‌های حفاری حدود ۹ مدل از این دستگاه‌ها توسط شرکت‌های سازنده تولید می‌شوند که از آنها در حفاری‌های چاه آب، نفت، مطالعات ژئوتکنیکی، حفر چاه‌های انفجاری و مطالعات اکتشافی معادن استفاده می‌کنند. اکثر این دستگاه‌ها در حین حفاری سنگ‌های مسیر را خرد کرده و خرده سنگ‌ها از دهانه چاه خارج می‌شوند (Percussion Drills) و در برخی از مدل‌ها نیز سنگ‌های مسیر چاه سالم و با خردشدگی کم از چاه خارج می‌شوند (Core Drills). در چند دهه گذشته حفاری‌های اکتشافی با دستگاه‌های مغزه‌گیری (Core Drill Rigs) انجام می‌گرفته و عدم به‌کارگیری دستگاه‌های نوع Percussion به دو دلیل اختلاط خرده سنگ‌های خروجی با سنگ دیواره چاه و عدم امکان بررسی‌های سنگ‌شناسی و دیگر مطالعات بر روی خرده سنگ‌های خروجی بوده است. در اینجا به آخرین روش‌های مورد استفاده در حفاری اکتشافی اشاره می‌شود[۷۵]:

۱- حفاری اکتشافی به روش RC[۴۹]

این روش در سال‌های اخیر به‌تدریج جای خود را در حفاری‌های اکتشافی ذخایر معدنی باز کرده است. در این روش برای عدم اختلاط خرده سنگ‌های خروجی با ریزش‌های دیواره چاه، خرده سنگ‌ها با فشار هوا و یا آب از فضای بین دو لوله به بیرون رانده شده و تماس با دیواره چاه نخواهند داشت، در مدل دیگری از این دستگاه‌ها هوای فشرده و یا آب از فضای بین دو لوله وارد چاه شده و خرده سنگ‌ها از فضای لوله مرکزی به بیرون از چاه هدایت می‌شوند و بنابراین هیچ نوع آلودگی با سنگ‌های دیواره چاه ایجاد نمی‌شود. هم‌اینک بیش از نیمی از حفاری‌های اکتشافی در دنیا توسط دستگاه‌های، RC انجام می‌یابد، سرعت زیاد و هزینه کمتر از جمله مزیت‌های عمده این نوع دستگاه‌ها نسبت به دستگاه‌های مغزه‌گیری است و در هر پروژه اکتشافی جهت شناخت اولیه و سریع از

[49] . Reverse Circulation Drilling

ذخیره معدنی می‌توان حفاری را با این روش آغاز کرد. درحال حاضر در پروژه‌های اکتشافی به‌منظور ایجاد سرعت و کم کردن هزینه‌های حفاری بیش از نیمی از چاه‌ها را با دستگاه‌های RC و بخش دیگر را با دستگاه‌های مغزه‌گیری حفر می‌کنند.

البته این روش معایبی نیز دارد مثلا در صورت افت و کم بودن فشار هوا ممکن است کانی‌های سنگین نظیر طلا به ته چاه سقوط کنند و یا اینکه در صورتی که کانی‌سازی در درزه‌های ریز باشد احتمال خروج کانه‌ها از خرده سنگ‌ها و سقوط آنها در چاه وجود دارد در حال حاضر حفاری RC تا عمق ۵۰۰ متر نیز امکان‌پذیر است[۷۵].

۲- حفاری چند جهتی و یا Drilling Core Directional

در این نوع روش حفاری پس از حفر کردن یک چاه در عمق مشخصی از چاه مذکور با توجه به اهداف موردنظر می‌توان چاه‌های انحرافی دیگری حفر کرد و بنابراین با این روش صرفه‌جویی زیادی در زمان و هزینه حفاری خواهد شد این روش در چند سال اخیر ابداع شده و هنوز به‌صورت گسترده در پروژه‌های اکتشافی در سطح جهان استفاده نمی‌شود و برای ذخایر لایه‌ای و یا رگه‌ای کاربرد بیشتری دارد در این روش جهت کنترل کردن جهت حفاری در عمق از انواع ابزارهای جانبی در دستگاه حفاری استفاده می‌شود و از جمله مهمترین آنها Steerable Core Barrels است در حال حاضر با این روش چاه‌های تا عمق ۷۰۰ متر را می‌توان حفر کرد[۷۵].

۳- دستگاه‌های حفاری چند منظوره (Multipurpose Drill Rigs)

این دستگاه‌ها که معمولا برروی تراک نصب می‌گردند، بنابه اهداف مور نظر حفاری ساخته می‌شوند و در پروژه‌های اکتشافی که دو روش حفاری و یا بیشتر مدنظر است به‌کار می‌روند. متداول‌ترین آنها دستگاه‌های حفاری مغزه‌گیری الماسه (Drilling Diamond Core) و RC هستند که حفاری الماسه تا عمق ۱۳۰۰ متر و RC تا عمق ۴۰۰ متر را نیز با این‌گونه دستگاه‌ها می‌توان انجام داد. البته لازم به ذکر است که برخی از آخرین مدل‌های دستگاه‌های حفاری مغزه‌گیری تا عمق ۳ هزار متری را نیز حفر می‌کنند[۷۵].

۴- دستگاه‌های حفاری خاص

جهت حفاری در مناطق صعب‌العبور و بدون راه دسترسی، دستگاه‌های حفاری ساخته شده که قطعات آن در عرض یک ساعت باز شده و قطعات آن را با هلیکوپتر به محل پروژه حمل می‌کنند و قطعات باز شده را در مدت کوتاهی می‌توان مونتاژ کرد، در مراحل اولیه اکتشاف از دستگاه‌های مغزه‌گیری پرتابل نیز می‌توان استفاده کرد که دستگاه‌های سبکی بوده و تا عمق ۱۰۰ متر را حفاری می‌کنند این دستگاه‌ها را با هلیکوپتر نیز حمل می‌کنند به این دستگاه‌ها Gopher گویند که کاربردهای مختلفی نیز دارند[۷۵].

۱۳-۱-۴. دستگاه های جدید آنالیز

علاوه بر پیشرفت شگرفی که در آنالیز شیمیایی دستگاهی با ورود انواع روش‌هایICP[50] در این شاخه ایجاد شده که کمک شایانی به اکتشافات ذخایر معدنی کرده است، دستگاه‌های آنالیز پرتابل که بتوان از آنها در محیط‌های صحرایی استفاده کرد در حال پیشرفت هستند از جمله دستگاه‌هایی که در سه سال گذشته کارآیی خوبی از خود نشان داده‌اند نوعی دستگاه X.R.F پرتابل هستند که با گذاشتن این دستگاه بر روی نمونه سنگ با دقت قابل‌قبولی دستگاه میزان عناصر موجود در نمونه را اندازه‌گیری و ثبت می‌کند و حدود ۲۵ عنصر توسط این دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. این دستگاه‌ها فعلا امکان اندازه‌گیری عناصر سبک‌تر از کلسیم در جدول تناوبی را ندارند. وجود این دستگاه در صحرا به‌خصوص در حفاری‌های اکتشافی کمک زیادی جهت جمع‌بندی سریع به کارشناس می‌کند و به‌کارگیری آن را در پروژه‌های اکتشافی در ایران توصیه می‌کنیم. از دیگر دستگاه‌هایی که در چند سال گذشته در جهت شناسایی صحرایی کانی‌ها کاربرد زیادی یافته دستگاهPIMA[51] است که با این دستگاه و استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزارهای مربوطه (Specmin) مقادیر کانی‌ها را می‌توان در نمونه مشخص کرد و مثلا با اندازه‌گیری مقادیر کانی‌ها برروی یک شبکه طراحی شده روی زمین نقشه انواع آلتراسیون‌ها را ترسیم کرد. با این اسپکترومتر دامنه وسیعی از کانی‌های سولفاته، کربنات‌ها و هیدروسیلیکات‌ها را می‌توان شناسایی کرد[۷۵].

۱۳-۲. الکتروویینگ مس

در چهل سال اخیر در صنعت مس تغییرات زیادی انجام شده است. تولید مس از روش‌های معمول گذشته به سمت تولید توسط هیدرومتالوژی تغییر کرده است. این تغییرات بیشتر در جهت تولید مس با کیفیت بالا توسط الکتروویینگ بوده است. لازمه آن تولید کاتد با کیفیت بالا از طریق تکنولوژی قوی و استفاده از آندهای آلیاژ سرب مستحکم می باشد. برای رسیدن به کاتد خوب باید الکترولیت و مخزن خانه آن کاملا کنترل گردد. این کنترل در حرکت به سمت جلو با استفاده از تکنولوژی روز دنیا میسر خواهد شد. در طراحی‌های جدید از سیستم‌های مخزن با محلول الکترولیت چرخشی استفاده شده است. در این بخش به بررسی و بحث در مورد ابزارآلات و طراحی سیستم برای پیشرفت‌های آینده پرداخته شده است.

تکنولوژی فرایند تولید بوسیله الکتروویینگ یک موقعیت منحصر به فردی به لحاظ تولید فلز با کیفیت بالا در مقیاس وسیع و هزینه قابل قبولی را دارد. از این روش می شود برای تولید روکش های مسی با خلوص و درخشندگی بالا برای صنایع ریزالکتروینینگ و یا به صورت بلوک‌های کاتد مسی به عنوان مواد خام در صنایع استفاده می شود. لازمه فرایند الکتروونینگ دادن یک توان و انرژی اولیه در خلاف فرایند تجزیه فلز می باشد. این مورد مربوط به علم شیمی می‌شود و درست همانند تغذیه باطری‌ها می‌باشد . این امر در تولید فلز پارامتر بسیار مهمی می‌باشد.

[50] . Inductively Coupled Plasma
[51] . Portable Infra-red Mineral Analyser

اهمیت تولید توسط الکتروویننیگ از زمان تولید در معدن پرتده آبی در آریزونا در سال ۱۹۶۸ افزایش پیدا کرد، در طول این سالها ترکیب و محلول الکتروویننیگ کاملتر شده است. روند تولید جهانی مس در طی ۱۵ سال با استفاده از ترکیب و محلول های استخراجی به سرعت افزایشی بوده است. تولید توسط الکتروویننیگ فقط ۳ درصد از تولید جهانی رادر سال ۱۹۸۰ به خود اختصاص داده بود ولی در سال ۲۰۰۵ این رقم به ۲۰ درصد کل تولید مس در جهان رسید است. واین نشان دهنده رشد تولید مس به این روش در سال‌های نزدیک خواهد بود.

علت افزایش تولید به این روش سیالت صفحات، انعطاف در تولید ، تنوع در انتخاب و اجراو هزینه کمتر نسبت به روش های معمول تولید مس می باشد. تولید توسط الکتروویننینگ با استفاده از خوردگی لیچینگ و انحلال انتخابی و الکتروویننینگ انجام می شود . در یک نگاه کلی بیشترین تولید مس تجاری از طریق گریندینگ (ساییدن) ، تغلیظ (فلوتاسیون) ، ذوب (ترکیب با تبدیل کننده ها ، پلایش ، و تولید اسید) و الکتروپالایش انجام می شود . این فرایند در سطح جهان معمول بوده و پایه و شالوده تولید مس در جهان می باشد .

پیشرفت های اخیر در تغلیظ سنگ معدن مس با استفاده از لیچینگ باعث شده تا فرایند الکتروویننینگ مس کاملتر گردد. پیشرفت های اخیر شامل تکمیل بیولیچینگ و تکنولوژی فشار لیچینگ علاوه بر بهبود عملکرد تکنولوژی لیچینگ می باشد. این قبیل پیشرفت ها باعث ثبات و حمایت از رشد تولید الکتروویننیگ می شود چونکه سنگ معدن مس یک ماده مهم برای تولید مس می باشد و به طورکلی استفاده از الکتروویننینگ برای تولید از سنگ معدن مس می باشد[۷۶].

۱۳-۲-۱. روندها و گرایش های اخیر در تکنولوژی الکتروویننیگ

روند تولید مس از طریق الکتروویننینگ یک روند افزایشی بوده که آن بخاطر بهبود و تغییرات فزاینده در تکنولوژی الکتروویننیگ می باشد. یکی از حوزه هایی که به طور قطع در آنها بهبودی حاصل شده است، تکنولوژی مخزن خانه (tank house) می باشد. اطلاعات موجود از دو مطالعه که توسط دونپورت و دیگران در طی سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۷ انجام گرفته بر گرفته شده است . اطلاعات جمع آوری شده در سالهای ۱۹۹۸ تا ۱۹۹۹ با اطلاعات سالهای ۲۰۰۶تا ۲۰۰۷ مقایسه شده است.

در الکتروویننینگ مس کاتد فولاد ضد زنگ برای رسوب مس استفاده می شود (۶۳ درصد درسال ۱۹۹۹ و ۷۴ درصد در سال ۲۰۰۷) . در اصل، در طراحی‌های جدید همه کاتد ها از نوع فولاد ضد زنگ با تکنولوژی روبش خودکار می باشند. همچنین ، تقریبا همه صفحات لوله‌ای شکل از جنس آند Pb-Ca-Sn می باشند . (۸۳ درصد درسال ۱۹۹۹ و ۹۴ درصد در سال ۲۰۰۷) . کنترل فرایند متالورژیکی و ترکیب آندها همراه با کنترل مخزن خانه (tankhouse) باعث افزایش طول عمر آندهای سربی می شود[۷۶].

۱۳-۲-۱-۱. تکنولوژی های آینده

خیلی از تکنولوژهای جدید به افزایش و بهبود کارای الکتروویینگ مس کمک می کنند. و باعث افـزایش فزایند راندمان انرژی و بهبود کیفیت محیطی می شوند. برخی از این تکنولوژی ها شامل شیمی ، تجهیزات برتـر و اسـتفاده از فرایند ابتکاری بهتر باعث کاهش پتانسیل مصرفی می شوند[۷۶].

۱۳-۲-۱-۲. کاهش انرژی مصرفی و برخورد محیطی

دوتا از مهمترین عوامل تاثیر گذار در تکنولوژی آیند الکتروویینگ ، انـرژی مصـرفی و برخـورد محیطـی (کـه معلول نحوه عملکرد ما است) می باشند . برخورد محیطی با تولید در ارتباط می باشـد و بـرای پتانسـیل کـاری در هنگام تولید بسیار خطرناک می باشد (ایجاد غبار اسید و سرب در هنگام تولید) . هدف ما در آینـد حـذف اینگونـه مواد خطر ناک و کاهش انرژی مصرفی ی باشد.

مشکل پتانسیل را باید در تکنولوژی ساخت و نوع آندهای مصفی جستجو کرد . از نقطـه نظـر انـرژی و محـیط استفاده از آندهای آلیاژ های سرب در این حوزه کاری به صرفه می باشد . البته آندهای آلیاژ سرب نسـبتا گـران مـی باشند . این آندها در طول کار با ایجاد یک لایه خود محافظت کننده ، ساعت کاری بسیار خوبی را ببه ما می دهنـد . در نهایت استفاده از این آندها ، آندها اکسی شده و ورقه ورقه می شوند . و آن بـرای الکتروویینینـگ مـس مضـر مـی باشد. و باعث آلودگی کات خواهد شد . به علاوه سطح اکسید شده باعث افزایش پتانسیل مصـرفی در طـی واکـنش آزاد سازی اکسیژن می شود. که این مقدار تقریبا ۳۰ درصد کل انژی مصرفی در فرایند الکتروویینیگ مس می باشد

برای کاهش ارتباط محیط و انژی مصرفی در الکتروویینینگ مس دو تکنولوژی رشد پیدا کـرده انـد . اسـتفاده از آندهای جایگزین و یا تغییر واکنش آند . محتمل تر استفاده از آند جایگزین می باشـد کـه در ایـن رابطـه از روکـش تیتانیوم برای آندها استفاده شده است .این آندها با روکشهای اکسیدی RuO_2 or IrO_2 روکش شده اند . مزیت ایـن آندها کاهش انرژی (۱۰-۱۷ درصد) مصرفی و حذف آلودگی سرب و لجن سرب می باشد. اشکال ایـن آنـدها هزینـه بالای آنهادر مقابل طول عمر آنها می باشد . به تازگی از روکش های تیتانیومی استفاده شـده اسـت کـه طـول عمـر آندها در مخازن الکتروویینیگ مس افزایش داده ولی هزینه اقتصادی آن به طور کامل مشخص نشده است .

تکنولوژی دیگری که برای کاهش انرژی مصرفی و برخورد محیطی مورد یررسی قرار گرفته اسـتفاده از واکـنش جایگزین برای آند می باشد . فعلا ، پی آمد تجزیه آب تولید اسید و اکسیژن کی باشد .این امر در بعضی مواقـع مـی تواند با ایجاد اکسید یون های آهن راه گریزی مناسبی باشد . واکنش آهن می توانـد مصـرف انـرژی الکتریکـی را تـا ۵۰درصد پتانسیل مصرفی کاهش دهد . رفع حبابهای گازی در سطح الکترولیت بسیار مهم می باشد کـه باعـث رفـع آلودگی و غبار اسید می شود . اشکال استفاه از یـون هـای اکسـید آهـن در الکترولیـت افـزایش سـطح یـون هـا در الکترولیت و درنتیجه ناکارامدی جریان می باشد . اصلاح موثر یون های آهن و تولیـد اسـید بسـتگی بـه لیچینـگ و انحلال انتخابی دارد. و مهم سیان شیت در استفاده از اکسید آهن می باشد[۷۶] .

۱۳-۲-۱-۳. افزایش بهروری

بهبروی می تواند با افزایش دانسیته جریان و کاهش زمان افت سلول افزایش یابد. افزایش دانسیته جریان بدون مخالفت اثر مضر سطح با کنترل افزودنی ها، مانیتورینگ سلول ، و در خیلی از نمونه ها با استفاده از پخش متنوع الکترولیت مسیر می شود . بهبود این پارامترها تاحدودی باعث بهبودی تولید می شود .

جایگزینی بلانک های فولاد ضد زنگ با صفحات مس شروع کننده در کاتد در حال پیشرفت می باشد . بلانک ها و یا صفحات کسی در محل کاتد جایگزاری شده و به مدت ۵ تا ۱۰ روز عمل الکترولیز انجام می شود پس از آن برداشت انجام شده و دوباره عمل از نوع صورت می گیرد . در کلیه این موار استفاده از نیروی کار ی کاهش یافته و به جای آن از اتوماسیون و کنترل خوردکار استفاده می شود . در آیندی نزدیک کلیه فرایند تولید مس به طور خودکار انجام شده و همکنون تلاش هایی بری رسیدن به این امر نیز صورت گرفته است . امکان تولید مس خالص به شکل های مختلف فراهم شده همچنین کوششهای برای تولید مس گرانوله در بستر راکتور بادفشانانجام کرفته ، امکان تولید فویل های مس با استفاده از لوله چرخان نیز بررسی می شود . دز همه این طراحی ها تولید مس در یک فرایند پیوسته با استفاده از تغییر در واکنش و یا نوع آند مصرفی امکان پذیر می باشد که قبلا ذکر شد[۷۶].

۱۳-۲-۱-۴. فرصت توسعه فرایند

تکنولوژی که همراه با الکتروونیگ تکمیل می شود فرایند اکسیداسیون ، بیواکسیداسیون و فشار اتمسفر فرایند لیچینگ می باشد که ممکنه که در ادامه کاملتر گردد. در مورد آن در این مقاله بقدر کافی بحث شده است . اگر چه این موارد در پتانسیل مصرفی تاثیر گذاراند البته جنبه اقتصادی آن به قدر کافی بررسی نشده است.

۱۳-۲-۱-۵. نتیجه گیری

الکتروونیگ یک روش است که در اکثر موارد برای بازیابی اولیه مس کاربرد دارد . در طول رشد استفاده از این فرایند در ۲۰ سال گذشته ، تکنولوژِی آن کاملتر شده و هزینه آن کاهش یافته و می توان کاتد های با کیفیت و خلوص بالا را تولید کرد. برای رسیدن به خلوص بالاتر و رفع آلودگی الکترولیت (غبار اسید (ترکیبدن حباب های سطح الکترولیت)) ، و جلوگیری از رسوخ سرب و آلودگی کاتد کنترل کاتد و اسنفاده از روکش های اکسید RuO_2 or IrO_2 و اکسید تیتانیومی بررسی شد[۷۶].

۱۳-۳. روشی جدید برای استخراج مس

در صنایع استخراج فلزهای گوناگون همواره پویایی و تلاش برای جستجوی روشهای جدید و نوآوری در جهت بهبود روشهای قبلی به منظور کاهش هزینه ها و افزایش بهره وری در جریان است .در این بخش، دو روش جدید که در مجتمع مس نمونه یک برای استخراج مس به کار گرفته شده است معرفی می شود .امروزه، در پی کاهش ذخایر

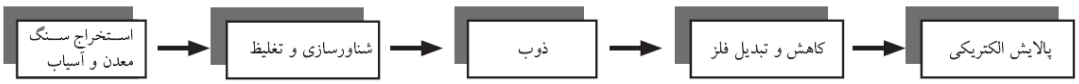
پرعیار مس و افزایش تقاضای جهانی آن، روشهای استخراج با حلال و باکتری در حال طراحی و استفاده است .این روشها گذشته از آنکه آلودگی کمتری را برای محیط زیست دربردارند، امکان استخراج مس را از سنگ معدنهای اکسید و سولفید آن با عیار پایین فراهم می کنند.

مس فلزی پایه با کاربردهایی گسترده در صنعت است که سابقهٔ شناسایی و کاربرد آن به گذشته های بسیار دور می‌رسد .در آغاز قرن نوزدهم معدن های مس در شیلی که از جمله مهم ترین معدن های این فلز در جهان به شمار می روند مورد بهره‌برداری قرار گرفتند و از آغاز قرن بیستم تولید مس در نقاط دیگر جهان رونق یافت.

تولید مس از رگه‌های مس خالص یا سنگهای معدن آن با عیار بالا، در گذشته به کمک روش گرمایی متداول بود. اما امروزه با کاهش عیار این فلز از یکسو، و افزایش تقاضای آن در جهان از سویی دیگر، ذخایر کم عیار مس که از دیدگاه سنگ شناسی و کانی شناسی از پیچیدگی های بیشتر برخوردارند نیز مورد توجه و بهره برداری قرار گرفته اند .به این ترتیب استخراج از این منابع جدید، استفاده از روشهایی جدید و متفاوت از گذشته را یادآور می شود.

۱۳-۳-۱. استخراج گرمایی

برای سنگ معدن سولفیدی مس یعنی عملیات استخراج مس ، Cu2S، کالکوسیت به این قرار است :در آغاز آسیاب کردن سنگ معدن انجام می گیرد .سپس با روش شناورسازی، فراوری و تغلیظ آن انجام می شود تا مس با عیار 32 درصد به دست آید .این فراورده در کوره های ذوب و مبدل مراحل تشکیل مات مس[۵۲] و پالایش گرمایی را پشت سر می گذارد و تبدیل به مس آندی می شود .در پایان به روش برق کافت، پالایش الکتروشیمیایی آن انجام گرفته، مس کاتدی با خلوص بالا به دست می آید. در شکل۱۳-۱ خلاصه‌ی روش استخراج گرمایی نمایش داده شده است.



شکل۱۳-۱. خلاصه عملیات استخراج به روش گرمایی

۱۳-۳-۲. روش های استخراج جدید

برای استخراج مس از سنگ معدن های و نیز ، Cu2O، اکسیدی آن یا کوپریت سنگ معدن های سولفیدی که عیار مس در آن ها پایین است از دو روش جدید می توان بهره برد .در این روش ها، مس در جریان مراحل استخراج سنگ معدن، آسیاب کردن، تلقیح باکتری، انحلال و پالایش الکتریکی، به کمک حلال مناسب از ناخالصی ها جدا شده، به روش کاهش الکتریکی به مس خالص تبدیل می شود.

[52] . 1. Copper matte

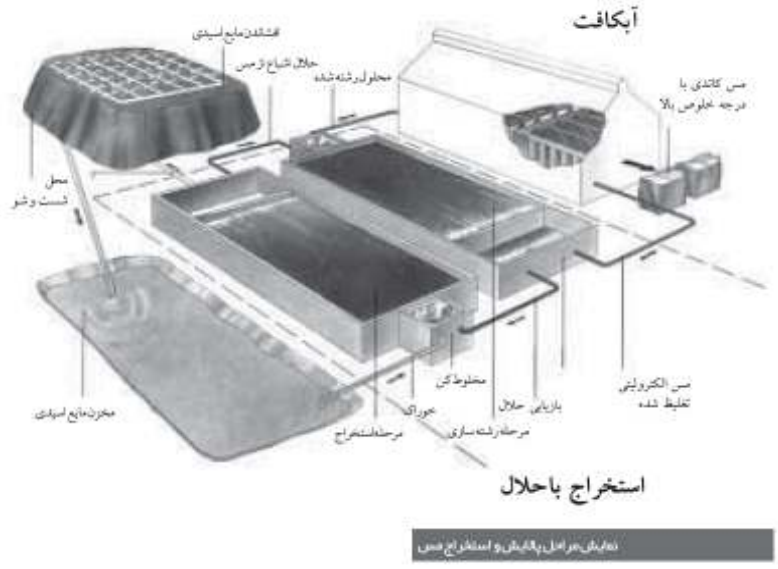
روش استخراج با حلال، آینده ای روبه رشد دارد .در واقع این روش سازگاری بیش تری با محیط زیست دارد و به مصرف انرژی کم تری نیازمند است و از این رو، در تولید مس و فلزهای دیگر کاربرد چشم گیری داشته است چنان که سهم تولید مس با این روش از ۱۵ درصد در سال ۱۹۹۸ ، به حدود ۲۵ درصد در سال ۲۰۰۶ افـزایش یافتـه اسـت. از این رو، روش استخراج گرمایی که هزینه های سنگین مواد اولیه، نیاز به سرمایه گذاری های بالا، به کـارگیری نیـروی انسانی زیاد، مصرف بالای انرژی و عدم امکان استفادهٔ دوباره از مواد مصرفی در آن، از جمله نارسایی های آن به شـمار می رود، رفته رفته کارایی خود را از دست داده است[۷۷].

۱۳-۳-۲-۱. استخراج با حلال

این فرایند شامل سه مرحلهٔ اصلی به این قرار است:

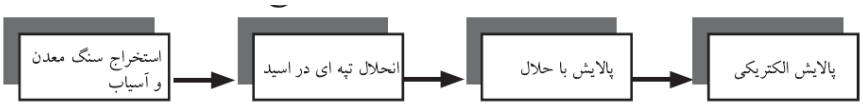
- واحد انحلال تپه ای[۵۳]
- واحد استخراج با حلال
- واحد کاهش الکتریکی مس

در شکل۱۳-۲ مراحل پالایش و استخراج مس به روش استخراج باحلال نمایش داده شده است و درشکل۱۳-۳ خلاصه مراحل استخراج با حلال به طور شماتیک ارائه شده است.



شکل۱۳-۲. مراحل پالایش و استخراج مس به روش استخراج با حلال

53 . heap leaching



شکل۱۳-۳. خلاصه عملیات استخراج با حلال

- **واحد انحلال تپه ای**

این واحد در شمال شرقی معدن مس نمونه یک قراردارد و مساحت آن به ۲۴۰ هزار مترمربع می رسد .در این واحد پس از باررریزی و صاف کرن سنگ های مس اکسید، سولفوریک اسید رقیق به روش قطره ای روی آن ها پاشیده می شود .محلول آب و اسید با خیس کردن سنگ معدن، مس موجود در آن را در خود حل می کند و محلول حاوی مس پس از جمع آوری و جریان در لوله ها، به حوضچه ای هدایت می شود .این محلول را که غلظت مس در آن به ۳,۵ گرم در لیتر می رسد، ناخالصی هایی از جمله آهن، نیکل، سیلیس، آلومینیم و گوگرد همراهی می کنند .این محلول باید به واحد استخراج با حلال منتقل شود.

- **واحد استخراج با حلال**

پایین بودن غلظت مس در محلول یاد شده و نیز وجود ناخالصی ها، پالایش مستقیم مس را در واحد کاهش الکتریکی امکان ناپذیر می کند.

بنابراین در واحد انحلال، محلول مس سولفات به طور انتخابی و به کمک یک مادۀ آلی جاذب، جذب می شود .در این جریان مس از فاز آبی به فاز آلی وارد می شود .سپس با بالابردن اسیدیتی محیط، بار دیگر مس را به فاز آبی منتقل می کنند.

این انتقال از فاز آبی به فاز آلی و عکس هم ادامه می یابد تا غلظت مس در محلول به حدود ۴۸ گرم در لیتر برسد و در این حال است که به واحد کاهش الکتریکی راه می یابد .بازگرداندن مس از فاز آلی به فاز آبی توسط واحد دفع انجام می گیرد.

مواد خروجی توسط خط لوله ای به طول ۴,۵کیلومتر به واحد انحلال بازگردانده می شوند تا روی سنگ معدن اکسایش یافته پاشیده شوند.

- **واحد کاهش الکتریکی**

محلول مس سولفات با پمپ های مخصوص و در حالی که موادی هم چون کبالت سولفات و گوار[۵۴] به آن افزوده شده است، به واحد کاهش الکتریکی فرستاده شده، وارد سلول های کاهش می شود که در آن آند سربی و کاتدهایی از

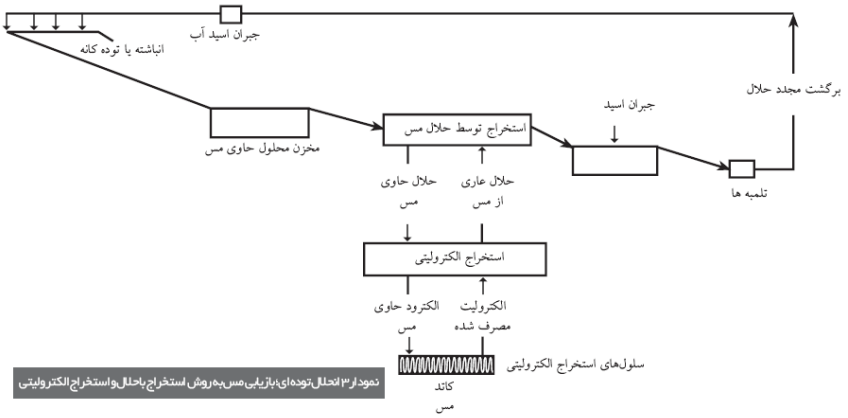
54 . guar

جنس فولاد زنگ نزن قرار دارند .در هر سلول، آندها و کاتدها به طور موازی نسبت به هم قرار دارند .با انجام واکنش شیمیایی، مس از محلول جدا شده، روی کاتدها را می پوشاند.

هنگامی که غلظت محلول مس سولفات به ۵ گرم در لیتر رسید، آن را دوباره به واحد استخراج با حلال می‌فرستند.

۱۳-۳-۲-۲. استخراج با باکتری[۵۵]

بخش چشم گیری از ذخایر مس جهان را سنگ معد نهای سولفیدی آن تشکیل می دهند که انحلال کامل مس موجود در آن ها در سولفوریک اسید امکان پذیر نیست .استفاده از عوامل زیست شناختی، راه حلی جهت به کارگیری سنگ معدن های سولفیدی و دسترسی به مس آن ها بوده است .استخراج با باکتری به توانایی موجودات زندهٔ ذره بینی همراه با دمش هوا در جریان انحلال سولفیدهای فلزی و استخراج فلز از آن ها تکیه دارد .در این فرایند، باکتری ها جهت تأمین انرژی موردنیاز خود به اکسایش سنگ معدن می پردازند و فلز را از سنگ معدن آن جدا کرده، وارد فاز محلول می کنند.



شکل۱۳-۴. انحلال توده ای بازیابی مس به روش استخراج با حلال و استخراج الکترولیتی

در این روش سنگ معدن استخراج شده تا اندازهٔ موردنظر خرد می شود و در دستگاه انباشتگی با سولفوریک اسید و باکتریها مخلوط می شود .به منظور کیفیت بخشیدن به انباشتگی و کاهش رطوبت سنگ معدن به آن رافینیت می افزایند. رافینیت شامل مقداری باکتری است که اکسیدشدن مس را سبب می شود .از راه لوله هایی که روی سنگ معدن قرار دارند افزایش باکتری انجام می گیرد .سنگ توده شده به محلی با ارتفاع ۶ تا ۱۰ متر بالاتر از سطح زمین انتقال می یابد یا روی موادی که قبلاً اسیدشویی شده اند ریخته می شود .جهت تأمین هوای موردنیاز باکتریها، لوله های پلاستیکی ویژ های که در سطح خود حفره دارند روی سطح مواد قرار داده می شوند.

[55] . bio leaching

باکتریها مس سولفید را به مس اکسید تبدیل می کنند و خود در اسید حل می شوند .محلول باردار شده از زیر توده دوباره به بالای تپه بازگردانده می شود اما اگر مقدار مس موجود در آن به حد موردنظر رسیده باشد برای بازیابی مس به واحدهای استخراج و کاهش الکتریکی راه می یابد .رافینیت نیز برای استفادهٔ دوباره به محل سنگ معدنهای توده شده بازگردانده می شود[۷۷].

۱۳-۳-۲-۳. ضرورت اجرای طرح استخراج با باکتری

یکی از نگرانی های کنونی، کاهش تدریجی ذخایر سنگ معدن مس در شکل اکسید آن در معدن مس نمونه یک است.

با تمام شدن این ذخایر، مجتمع مس نمونه یک بدون خوراک خواهد ماند. بنابراین جهت جلوگیری از توقف خط تولید این مجتمع که تنها ۱۳ سال از راه اندازی آن می گذرد و برای بهره برداری از آن ۵۰ میلیون دلار سرمایه گذاری شده است طرح استفاده از روش استخراج با باکتری، با همکاری شرکت منتِک آفریقای جنوبی در معدن های دیگر کشورمان هم چون مس نمونه سه، مس نمونه دو شهر بابک، زرقان آذربایجان و درهٔ زرشک یزد مورد توجه قرار گرفته است.

بیش تر معدن هایی که از روش استخراج مس با باکتری بهره گرفته اند در نیم کرهٔ جنوبی زمین قرار دارند .در واقع، شرایط آب و هوایی این مناطق برای رشد و عملکرد باکتری ها مناسب است .اما در شمال امریکا که هوا سرد است کار با باکتری ها دشوار بوده، در این مناطق تنها می توان از باکتری های سرمادوست استفاده کرد.

از آن جا که تولید مس با این روش، در دمای پایین حدود ۴۰ C انجام می گیرد، در جریان آن هیچ آلایندهٔ گازی تولید نمی شود .هم چنین بستر توده های سنگ معدن نفوذناپذیر و مجهز به سامانهٔ نشت یاب ساخته شده است و در نتیجه از نفوذ محلول های اسیدی به محیط اطراف جلوگیری می شود .همهٔ محلول ها در مسیر بسته قرار دارند و دوباره مورد استفاده قرار می گیرند.

به این ترتیب آلودگی زیست محیطی با استفاده از این روش تا حد چشم گیری محدود می شود[۷۷].

۱۳-۳-۳. نتیجه گیری

با توجه به کاربردهای روزافزون فلز مس، محدود بودن منابع تجدیدناپذیر و کاهش ذخایر آن دست یابی به اطلاعات و دانش فنی روش های جدید استخراج، دستاوردهایی به این شرح را دربرخواهد داشت:

استخراج مس از ذخایر کم عیار آن و افزایش تولید مس در کشور حذف مشکلات زیست محیطی زمینه سازی به کارگیری آن در معدن های دیگر بویژه معدن های کوچک که استفاده از روش های گرمایی در آن ها به صرفه نیست[۷۷].

۱۳-۴. تولید مس کاتدی از غبار کوره های ذوب

سالها غبار ناشی از کوره های ذوب مس در محیط پخش می شد که علاوه بر ایجاد آلایندگی، هدر رفت سرمایه ها را نیز همراه داشت. جمع آوری و امحای روغن‌های آسکارل، تولید مس کاتدی از خاک های اکسیدی کم عیار، ساخت انبارهای جدید کنسانتره بر اساس آخرین فناوری روز و ایجاد سد باطله برای بازیابی مواد از جمله اقدامات شرکت مس در پیمودن مسیر سبز توسعه است. سالهای گذشته برخی از کوره‌های ذوب مس بدلیل استفاده از فناوری قدیمی، مشکلاتی را برای محیط زیست ایجاد کرده بودند. علاوه بر نوسازی کوره های قدیمی، برنامه ریزی شده تا در مجتمع های مس، کارخانه‌های تولید اسید نیز ایجاد شود تا گوگرد حاصل از فعالیت کوره ها را تبدیل به مواد اولیه مورد استفاده در صنایع کود کشاورزی کند[۷۸].

۱۳-۵. بررسی وضعیت احتراق کوره ریورب مس نمونه یک و تاثیر آن بر عیار مات و مقدار مگنتیت سرباره

کوره ریورب از قدیمی‌ترین کوره‌های تهیه مات است که با انجام اصلاحات هنوز در نقاط مختلف جهان و در ایران کاربرد دارد. عمده‌ترین تغییرات این کوره استفاده از مشعل‌های اکسی فیول در سقف کوره است. استفده از اکسیژن خالص در مشعل‌های اکسی فیول موجب بالا رفتن توان ذوبی کوره و نیز افزایش پتانسیل اکسیژن در اتمسفر کوره می‌شود. اکسی فیول کردن کوره‌ها باعث بالا رفتن توان ذوبی کوره و نیز افزایش پتانسیل اکسیژن در اتمسفر کوره می‌شود. اکسی فیول کردن کوره‌ها باعث بالا رفتن مصرف نسوز و افزایش تشکیل ترکیبات مضر مثل مگنتیت (Fe_3O_4) در این کوره‌ها می‌شود.

در این پژوهش ضمن انجان محاسبات احتراق با استفاده از نرم افزار FACT، حجم، ترکیب و فشار جزئی گازهای ناشی از احتراق مشعل محاسبه و در دو حالت مازوت سوز و ترکیبی _اکسی فیول-مازوت سوز) با هم مقایسه شدند. در شرایط صنعتی و تولیدی در کارخانه مس نمونه یک، برای مدت ۹۰ روز ورودی و خروجی‌های دو نوع کوره ریورب (اصلاح شده با مشعل‌های اکسی فول و اصلاح نشده) با هم مقایسه شدند. جهت بررسی شرایط احتراق کوره‌ها، گازهای خروجی برای مدت پنج روز به صورت پیوسته اندازه‌گیری و آنالیز شدند. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که اکسی فیول کردن کوره‌ها بالا بردن توان ذوبی و حرارتی کوره همراه بوده است که باعث افزایش میزان مات تولیدی شده است. اما بر عیار مات و مقدار مگنتیت سرباره تاثیر چندانی نداشته است. همچنین آزمایش‌ها نشان دادند که کوره‌های مس نمونه یک با مکش هوای اضافی بالایی، حدود ۲/۸ برار هوای لازم برای احتراق روبرو هستند که باعث مشابه شدن شرایط اتمسفری دو کوره،کاهش غلظت دی اکسید گوگرد (SO_2) و افزایش مقدار اکسیژن در گاز خروجی می‌شود[۷۹].

۱۳-۵-۱. نتیجه گیری

۱- محاسبات FACT نشان داد که اکسی فیول کردن کوره‌های ریورب باعث کاهش حجم گازهای خروجی بمیزان ۱۱ درصد می‌شود و در نتیجه آن درصد SO_2 در گاز خروجی چنین کوره‌هایی افزایش می‌یابد.

۲- اکسی فیول کردن کوره‌های ریورب باعث بالا رفتن توان ذوب‌دهی و افزایش تولید روزانه به میزان ۴۰-۳۰ درصد می‌شود.

۳- پتانسیل اکسیژن اندازه‌گیری شده در کوره‌های ریورب مس نمونه یک بسیار بالاتر از حد تعادلی است. (درصد اکسیژن در گاز خروجی به ۱۲ درصد رسیده است).

۴- محاسبات نشان می‌دهد که کوره‌ها بطور متوسط با ۲۸۰ درصد هوای اضافه کار می‌کنند.

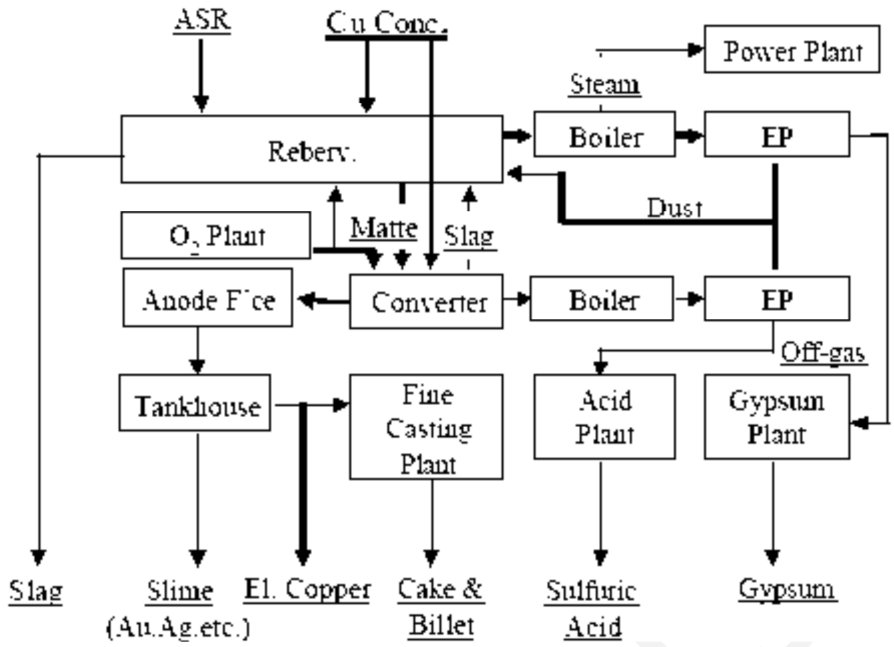
۵- محاسبات با نرم افزار نشان می‌دهد چنانچه کوره ریورب با ۲۸۰ درصد هوای اضافه کار کند، باید درصد SO_2 آن در دمای $1250\ ^{\circ}C$ معادل ۰/۸۹ درصد باشد که با درصد SO_2 اندازه گیری شده یعنی ۰/۸۹هماهنگی دارد.

۶- اندازه‌گیری‌ها نشان داد اگرچه اتمسفر کوره نقش ویژه‌ای در تشکیل مگتیت دارد، اما با تغییر نوع مشعل‌های کوره مس نمونه یک به دلیل حجم هوای اضافی زیادی که وارد این کوره‌ها می‌شود و نیز در مقایسه با حجم بالای مگنتیتی که از طریق سرباره کنورتور وارد کوره می‌شود، تغییر نوع مشعل‌ها، از اهمیت کمتری در تشکیل مگنتیت برخوردار است و به دلیل بالا رفتن سرعت ذوب و استفاده بیشتر از مگنتیت برگشتی رشد کف با سرعت بیشتری انجام می‌شود[۷۹].

۱۳-۶. ذوب کنسانتره مس در کنورترهای پیرس - اسمیت کارخانه ذوب اوناهاما

کارخانه ذوب و پالایشگاه اوناهاما از سال 1965 شروع به فعالیت کرد. ظرفیت تولید آن در سال 2004 عبارت بود از: ۲۵۰ هزار تن مس کاتدی ، ۳۸۰ هزار تن ژیپس(سنگ گچ) ، ۴۷۰ هزار تن اسید سولفوریک و ۹۶ هزار تن مس ریخته گری شده (کیک و بلیستر). در واحد ذوب، دو کوره ریورب با شارژ کنسانتره و پنج کنورتر پیرس -اسمیت، پیوسته در حال کار هستند . طبق معمول با ذوب کنسانتره مس در کوره های ریورب، مات تولید و سپس در کنورتر پیرس- اسمیت به مس بلیستر تبدیل می شود . برای ذوب کنسانتره در کوره ریورب به مقدار قابل توجهی سوخت فسیلی نیاز بود و مقدار زیادی گاز خروجی با محتوی SO2 کم تولید می‌شد. بنابراین هزینه زیاد سوخت و تولید مقدار زیاد گاز خروجی از معایب کوره ریورب بود . لذا از سال ۱۹۸۳ در این واحد، ذوب مستقیم کنسانتره مس در کنورتر پیرس -اسمیت آغاز شد. تا سال ۲۰۰۲ میزان کنسانتره ذوب شده در کنورترهای پیرس- اسمیت به حدی افزایش یافت که با مقدار کنسانتره ذوب شده در کوره های ریورب، برابر شد. در سال ۲۰۰۳، ۵۶٪ از کل کنسانتره ذوب شده در این کارخانه، مستقیما "از طریق کنورترهای پیرس -اسمیت ذوب گردید .سوخت کوره های ریورب از سوخت نفتی به زغال سنگ و دیگر سوختها نیز تغییر یافت، شکل۱۳-۵ فلو چارت فرایند فعلی را در کارخانه اوناهاما

نشان می دهد[۸۰].

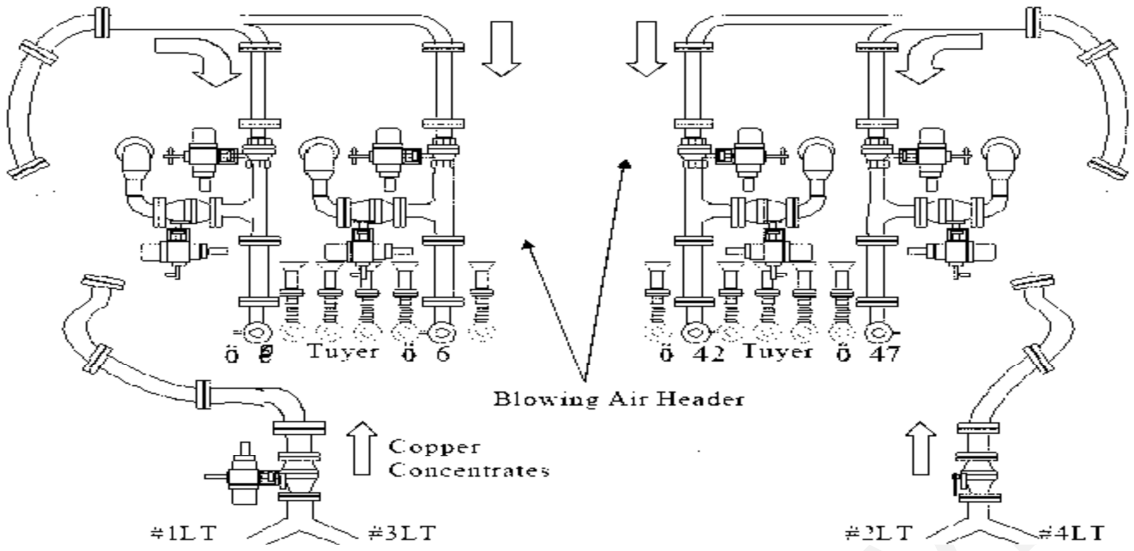


شکل۱۳-۵. فلو چارت فرایند کارخانه ذوب و پالایش اوناهاما[۵۶]

۱۳-۶-۱. عملیات کنورتر پیرس – اسمیت

رطوبت کنسانتره مس توسط خشک کن فلش با ظرفیت ۴۵ تن در ساعت به کمتر از ۰/۳٪ رسیده و کنسانتره خشک شده به درون یکی از چهار مخزن انتقال دهنده (لیفت تانک) شارژ می گردد. با شارژ ۱۶ تن کنسانتره به مخزن انتقال دهنده، مخزن بسته شده و توسط هوا، تحت فشار ۰/۴-۰/۵ MPa قرار می‌گیرد. سپس کنسانتره بصورت پنوماتیکی توسط هوای فشرده به کنورتر با ظرفیت ۵۰-۴۰ تن در ساعت انتقال می یابد .کنسانتره خشک از میان تویرهای مخصوص به درون کنورترهای پیرس- اسمیت دمیده می‌شود. شکل۱۳-۶ چیدمان و ترتیب تویرهای اطراف کنورتر پیرس - اسمیت را نشان می‌دهد.

[56] . ASR: Automobile Shredder Residue (پس‌ماند حاصل از دستگاه خردکن ضایعات صنعتی)



شکل۱۳-۶. چیدمان و ترتیب تزریق کنسانتره مس به درون کنورتر پیرس – اسمیت

در اوناهاما عملیات کنورتر پیرس -اسمیت شامل سه مرحله سرباره سازی (دمش سرباره) و یک مرحله مس سازی (دمش مس) می‌باشد. میزان مصرف واقعی مواد در عملیات در سال ۲۰۰۴ ، در سه مرحله سرباره سازی، در جدول۱۳-۱ آورده شده است. این مقادیر مربوط به دو حالت عملیات بدون استفاده و با استفاده از شارژ کنسانتره در کنورتر، می‌باشد

.

جدول۱۳-۱. مقایسه عملیات قبلی و فعلی در کنورتر پیرس -اسمیت جهت مراحل سرباره سازی

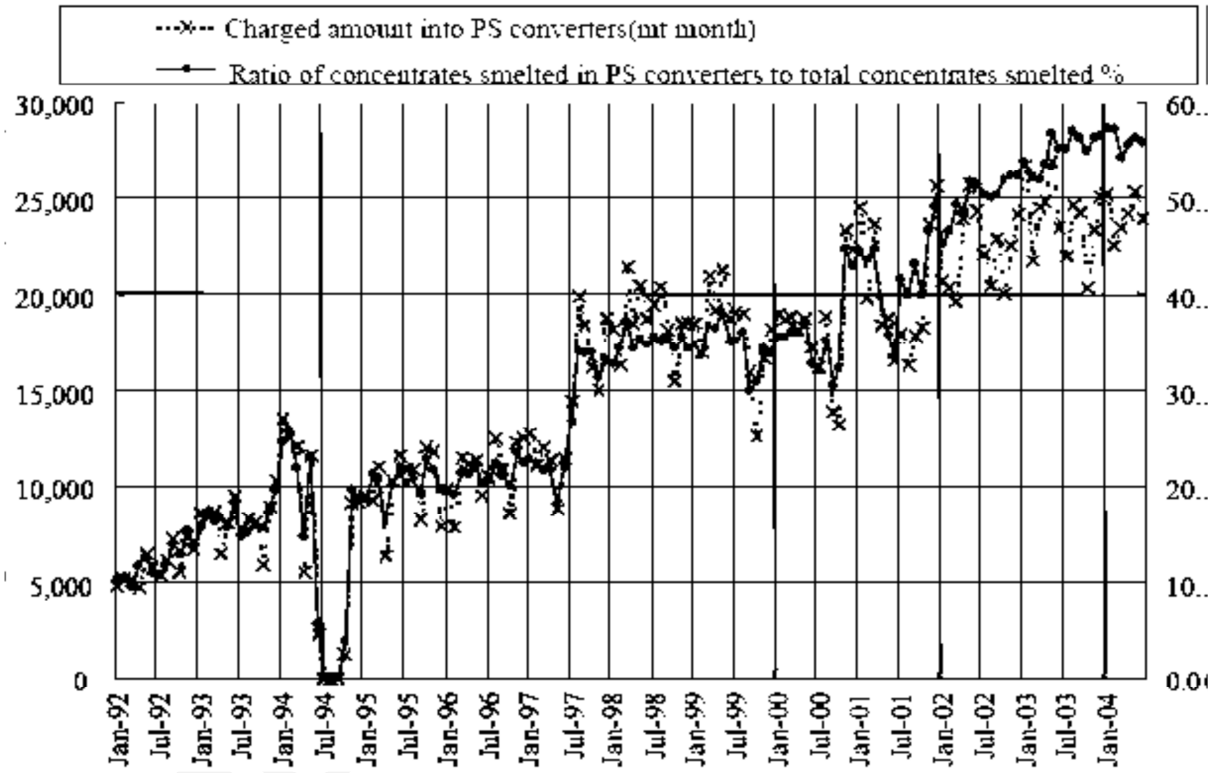
مراحل	اولین مرحله		دومین مرحله		سومین مرحله		کل	
	قبلی	فعلی	قبلی	فعلی	قبلی	فعلی	قبلی	فعلی
مات ریورب (تن)	۸۴	۸۴	۵۶	۰	۵۶	۲۸	۱۹۶	۱۱۲
کنسانتره مس (تن)	۰	۳۲	۰	۹۰	۰	۳۲	۰	۱۵۴
O2 در هوای دمشی(%)	۲۱	۱۸	۲۱	۳۲	۲۱	۳۰	۲۱	۳۰

در مرحله اول دمش سرباره، ۸۴ تن مات مس (Cu ۵۰٪-۳۰٪) از کوره ریورب به کنورتر پیرس - اسمیت شارژ می‌شود و به روایت Cu ۷۵٪ و سرباره تبدیل می گردد .در طول این مرحله، ۳۲ تن کنسانتره مس از طریق تویرهای مخصوص وارد کنورتر پیرس- اسمیت می‌شود. جهت حفظ درجه حرارت فرایند، هوای دمشی تا ۲۸٪ اکسیژن، غنی سازی می‌گردد.

در دومین مرحله دمش سرباره و پس از سرباره گیری مرحله اول، بدون افزودن مات، کنسانتره مس به وایت متال افزوده می شود و غنی سازی هوا با اکسیژن تا ۳۲٪، (بیش از مراحل دیگر) افزایش می یابد.

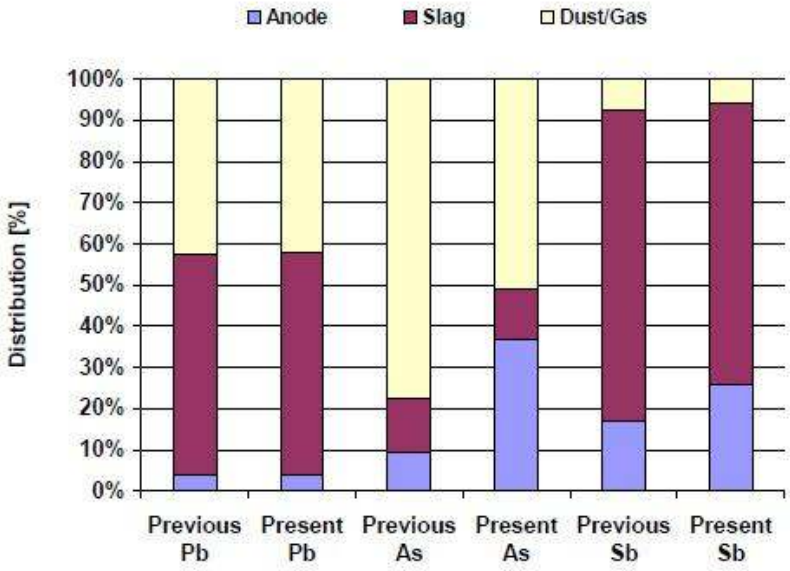
در مرحله سوم دمش سرباره، پس از اولین سرباره گیری از مرحله دوم، ۲۸ تن مات ریورب به کنورتر شارژ شده و ۳۲ تن کنسانتره مس افزوده می گردد. شارژ بهمراه هوای دمشی ۳۰٪ اکسیژن وارد می شود.

همانطور که ذکر شد ذوب مستقیم کنسانتره مس در کنورترهای پیرس -اسمیت اوناهاما، از سال ۱۹۸۳ آغاز شد و بتدریج تناژ مصرف کنسانتره در کنورتر افزایش یافت، بطوریکه در سال ۲۰۰۴ مقدار آن از کنسانتره ذوب شده در کوره های ریورب بیشتر گردید. تغییرات مقدار کنسانتره ذوب شده در کوره های ریورب و کنورترهای پیرس -اسمیت در طول سالهای ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۴ در شکل۱۳-۷ آورده شده است .طبق نمودار، در سال ۲۰۰۴ بیش از ۵۶٪ کنسانتره مس ذ وب شده در اوناهاما ، در کنورترهای پیرس- اسمیت ذوب شده است.



شکل۱۳-۷. تغییرات کنسانتره مس ذوب شده در کنورترهای پیرس -اسمیت

توزیع برخی ناخالصی ها در محصولات کنورتر پیرس – اسمیت آ(ند، سرباره و غبار/گاز)، در شکل۱۳-۸ نشان داده شده است، این داده‌ها در دو حالت :استفاده از ذوب کنسانتره در کنورتر پیرس -اسمیت و بدون استفاده از آن، مقایسه شده اند .با ذوب مستقیم کنسانتره در کنورتر، توزیع سرب بدون تغییر بوده، اما توزیع آرسنیک و آنتیموان در آند افزایش یافته و در غبار/گاز کاهش یافته است .بدیهی است که استفاده از ماتهای پرعیارتر، بخصوص در حین مرحله سوم سرباره سازی، موجب تغییر در توزیع ناخالصی ها می‌گردد[۸۰].



شکل۱۳-۸. مقایسه توزیع برخی ناخالصی ها در محصولات کنورتر در دو حالت استفاده از شارژ کنسانتره مس به کنورترهای پیرس-اسمیت (Present) و بدون استفاده از آن (Previous)

۱۳-۶-۲. تاثیر ذوب کنسانتره در کنورتر پیرس -اسمیت

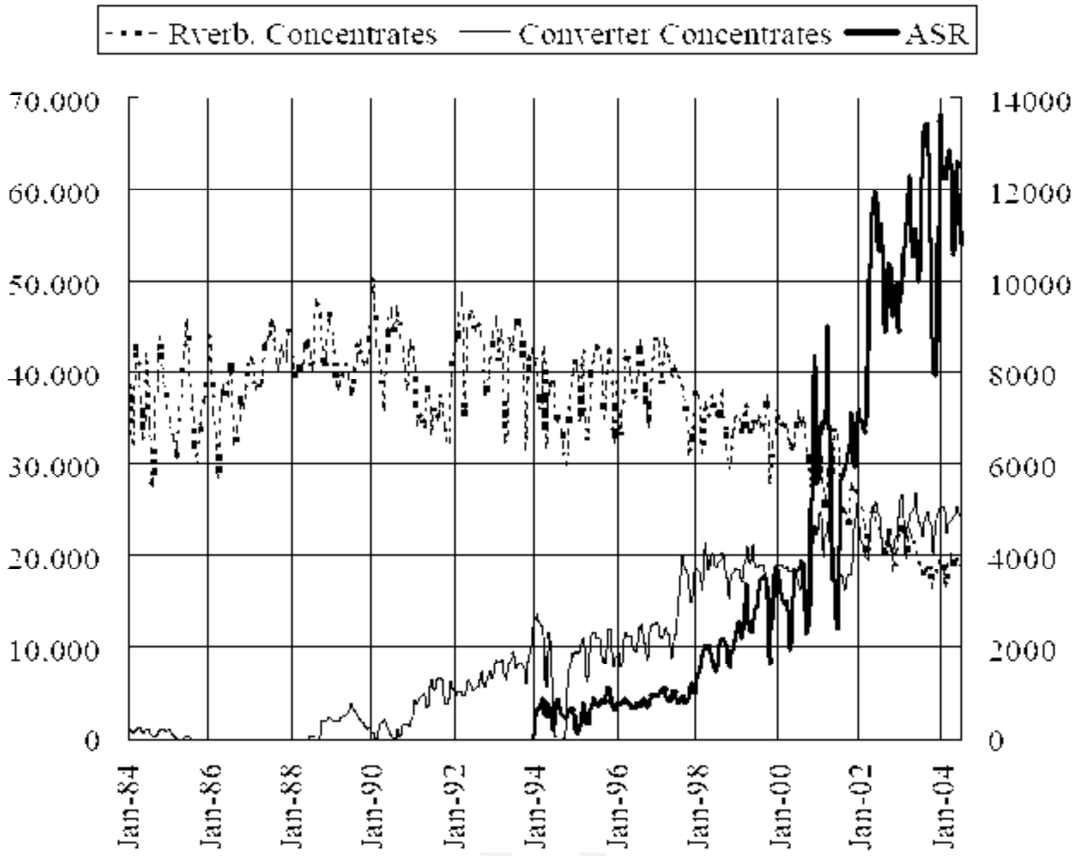
تولید مس آندی در کارخانه ذوب اوناهاما از روش افزایش ذوب کنسانتره مس در کنورتر پیرس -اسمیت و در نتیجه کاهش مقدار ذوب کنسانتره در کوره های ریورب، ادامه یافت و در نتیجهٔ اثرات زیر حاصل گردید:

کاهش آلودگی و هزینه بازیابی SO_2

کاهش تناژ ذوب کنسانتره مس در کوره ریورب، موجب کاهش گاز خروجی با محتوی SO_2 کم است، در حالیکه محتویSO_2 در گاز خروجی کنورتر افزایش می یابد .این در حالی است که هزینه بازیابی SO_2 در تبدیل بهاسید سولفوریک کمتر از زمانی است که SO_2 به ژیپس (سنگ گچ) تبدیل می‌گردد. ضمن آنکه آلودگی محیط زیست را نیز کاهش می‌دهد.

کاهش مصرف سوخت فسیلی در کوره های ریورب

در کارخانه اوناهاما، سوخت اصلی کوره های ریورب زغال سنگ است که با کاهش مصرف کنسانتره در کوره ریورب، مصرف آن نیز کاهش می یابد .کاهش زغال سنگ مصرفی، فضای کافی جهت سوزاندن ضایعات صنعتی را فراهم می کند .در سال ۲۰۰۴ ، بیش از ۱۴۰ هزار تن محصول دستگاه خردکن ضایعات صنعتی (ASR) و دیگر ضایعات محتوی مس ، در کوره های ریورب ذوب گردید (شکل۱۳-۹)[۸۰].



شکل۱۳-۹. افزایش مصرف ASR بعنوان سوخت در کوره های ریورب

۱۳-۶-۳. نتیجه گیری

بیش از ۲۰ سال است که در کارخانه ذوب اوناهاما، کنسانتره مس بطور مستقیم در کنوترهـای پیـرس - اسـمیت ذوب می شود و مقدار آن بتدریج افزایش یافته است .در ابتدا این عمل جهت کاهش مصرف زیاد سوخت فسیلی (کـه یکی از اصلی ترین معایب کوره های ریورب شمرده می شد)، انجام شد .بعنوان یک پیشرفت مهم در صنعت مس ژاپن، در حال حاضر کوره ریورب اوناهاما یکی از بزرگترین مصرف کننده های ضایعات صنعتی (ASR) بعنوان سوخت مـی باشند که این عمل در نتیجه افزایش تناژ ذوب کنسانتره در کنورترهای پیرس -اسمیت و ایجاد فضای خالی مناسب در کوره ریورب، حاصل شد .د ر حالیکه کوره ریورب ، یک معظل و فرایند مزاحم در مسائل زیست محیطی در دنیا در نظر گرفته می شود، هم اکنون عملیات کوره ریورب در اوناهاما، با توجه به کاهش قابل ملاحظه آلودگی،" دوستدار محـیط زیست "بشمار می آید[۸۰].

۱۳-۷. تولید مس از کنسانتره با فرآیند Galvanox

محققین دانشگاه بریتیش کلمبیا به روشی نوین در تولید مس از کنسانتره کـالکوپیریتی بـا اسـتفاده از لیچینـگ اتمسفری بوسیله ایجاد شرایط گالوانیکی دست یافته اند که این روش را Galvanox نامگذاری کرده اند .

محققان دانشگاه بریتیش کلمبیا (UBC) آقایان دیوید دیکسون و آلن شیلمبو (Daivid Dixon & Alain Tshilimbo) اولین مقاله را در این زمینه در سال ۲۰۰۴ منتشر کردند و از آن زمان کارهای دیگری نیز درکشورهایی نظیر آمریکا، شیلی، پرو و لائوس صورت پذیرفت.

دانشگاه بریتیش کلمبیا ارتباط نزدیکی با مهندسان شرکت Bateman در تشخیص قابلیتهای روش Galvanoxبرقرار کردند و اولین آزمایش خود را بر روی نمونه کنسانتره در سیستم ناپیوسته (Batch) به انجام رساندند و تست پیوسته (Continuous) را نیز در سال ۲۰۰۷ با موفقیت انجام دادند که نتایج این آزمایشات موجود است۰[۸۱]

۱۳-۷-۱. مزایای فرآیند Galvanox

فرآیند Galvanox یعنی لیچینگ در فشار اتمسفریک بوسیله ایجاد محیط گالوانیکی بر روی کنسانتره سولفیدی کالکوپیریت ($CuFeS_2$) در حضور محلول سولفات آهن که این روش مزایایی را نسبت به سایر روشهای مشابه دارا می باشد که میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

۹- قابلیت اجرا در فشار اتمسفریک و دمای حدود ۸۰ درجه سانتیگراد و عدم نیاز به تانک های لیچینگ خاص و گرانقیمت

۱۰-فرآیند شیمیایی بوده و نیازی به باکتری و یا میکروب خاصی ندارد.

۱۱-فرآیند در محیط سولفاتی به تنهایی قابل انجام است و افزودنی دیگری نیاز ندارد و محیط آن نیز خورنده نبوده و تجهیز ویژه ای را طلب نمیکند.

۱۲-به خردایش و آسیا کردن زیاد ذرات نیازی ندارد و اندازه ذرات در حدود ۷۵ m مناسب است.

۱۳-میزان تولید گوگرد عنصری حدود ۹۵ درصد است و به تبع آن به حداقل میزان اکسیژن تئوری نیاز است.

۱۴-امکان انتخاب کنسانتره کم عیار کالکوپیریت در کنار پیریت و اقتصادی بودن آن در مقایسه با ذوب کنسانتره کم عیار

۱۵-تولید مس با خلوص بالا از این روش در کمتر از ۲۴ ساعت

۱۶-امکان استفاده از محلول بدست آمده در فرایندهای استخراج با حلال و الکتروویننینگ و تولید مس با درجه کیفیت A (LME grade A)

موارد فوق فرآیند Galvanox را از تمام جهات برای تولید مس از کنسانتره قابل توجیه می نماید [۸۱] .

۱۳-۷-۲. واکنشهای شیمیایی فرآیند Galvanox

کلید اصلی در روش Galvanox حضور پیریت (FeS_2) در راکتور در حدود ۲ تا ۴ برابر نسبت به کالکوپیریت است .کالکوپیریت نیمه هادی است و بنابراین بصورت الکتروشیمیایی در محلول اکسید کننده تا حدودی خورده

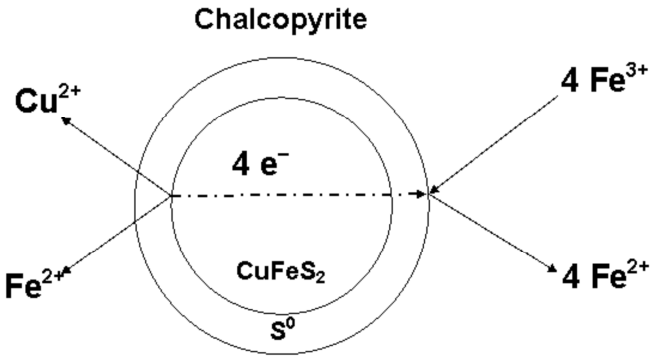
می‌شود که در شکل۱۳-۱۰ نشان داده شده است .در محلول سولفات آهن واکنش انحلال بدین صورت اتفاق می افتد:

$CuFeS_2\ (s) + 2\ Fe_2\ (SO4)_3\ (a) \rightarrow CuSO_4\ (a) + 5\ FeSO_4\ (a) + 2\ S^0\ (s)$

واکنش فوق را میتوان بصورت دو نیمه واکنش الکتروشیمیایی نمایش داد:

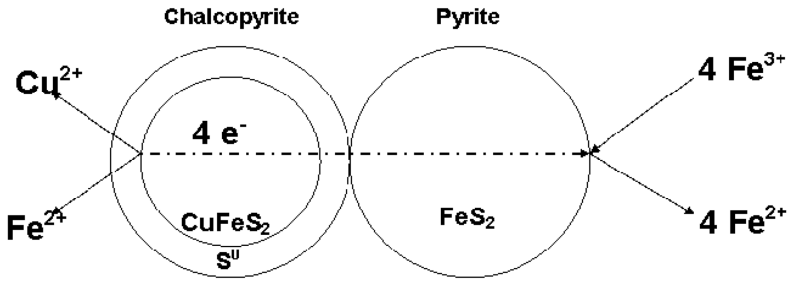
نیمه واکنش آندی $CuFeS_2 \rightarrow Cu^{2+} + Fe^{2+} + 2\ S^0 + 4\ e^-$

نیمه واکنش کاتدی $4\ Fe^{3+} + 4\ e^- \rightarrow 4\ Fe^{+2}$



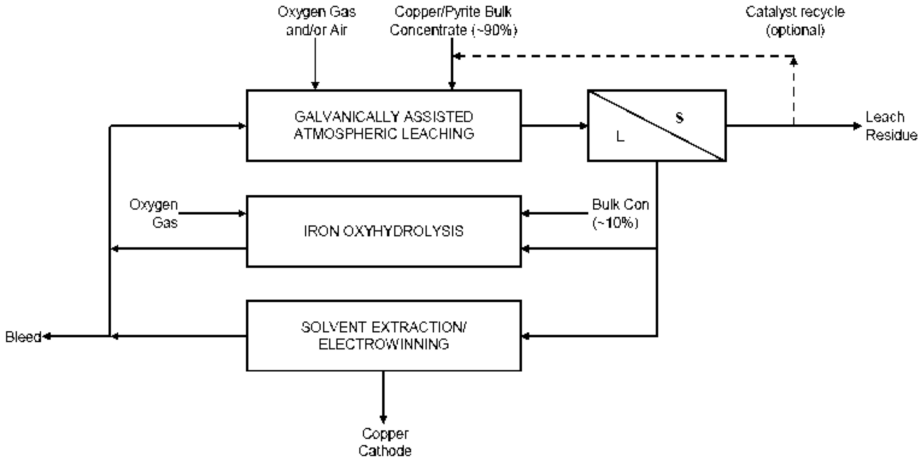
شکل۱۳-۱۰. شماتیک واکنش لیچینگ الکتروشیمیایی

مشکل اساسی در اکسیداسیون کالکوپیریت مقاوم شدن (Passive) سطح کانی می‌باشد یعنی اینکه در فرآیند الکتروشیمیایی سطح کانی در محلول مقاوم می‌شود و بدلیل تشکیل فیلم پسیو روی سطح مینرال ، نیمه واکنشهای آندی و کاتدی به کندی پیش می‌روند .بنابراین حضور یک عامل فعال کننده سطح برای احیا آهن در برخورد الکتریکی با کالکوپیریت همچنانکه در شکل۱۳-۱۱ نشان داده شده است میتواند به کاهش فرآیند پسیو شدن در محلول سولفات آهن کمک کند .پیریت بعنوان عاملی موثر و مناسب به عنوان یک سطح مناسب برای احیا یون آهن بکار می رود که البته پیریت لازم غالبا "در سنگهای معدن بطور طبیعی وجود دارد و با انحلال کنسانتره محلول کالکوپیریت و پیریت مستقیما "به چرخه لیچینگ وارد می‌گردند[۸۱].



شکل۱۳-۱۱. شماتیک واکنش لیچینگ الکتروشیمیایی بر پایه اثر گالوانیکی کانیها

اگر میزان پیریت در سنگهای معدن کافی نبود سیستم چرخه ای جریان این قابلیت را دارد که پیریت مورد نیاز را تامین نماید که در شکل۱۳-۱۲ نشان داده شده است.



شکل۱۳-۱۲. شماتیک فرآیند Galvanox

در راکتورهای لیچینگ کالکوپیریت بطور انتخابی در حضور کاتالیست پیریت حل شده و گوگرد عنصری جامد طبق رابطه زیر بدست می آید:

$$CuFeS_2\,(s) + O_2\,(g) + 2H_2SO_4\,(a) \rightarrow CuSO_4\,(a) + FeSO_4\,(a) + 2\,S^0\,(s) + 2\,H_2O$$

پس از جداسازی جامد از مایع، محلول (PLS) بدست آمده وارد واحدهای استخراج با حلال و الکتروویننینگ (SX-EW) شده و مس کاتدی حاصل میگردد:

$$CuSO_4\,(a) + H_2O\,(l) \rightarrow Cu\,(s) + H_2SO_4\,(a) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g)$$

بخشی از محلول PLS به اتوکلاو (رآکتور تحت فشار) در دمای ۲۲۰ درجه سانتیگراد فرستاده می‌شود تا یونهای آهن، اکسید شده و بعنوان هماتیت در محلهای مناسبی انبار گردد و میتوان اسید تولیدی را مجدداً در فرآیند بکار گرفت.

$$FeSO_4\,(a) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g) + H_2O\,(l) \rightarrow \frac{1}{2}\,Fe_2O_3\,(s) + H_2SO_4\,(a)$$

در مجموع کل واکنش بصورت زیر است:

$$CuFeS_2\,(s) + 5/4\,O_2\,(g) \rightarrow Cu\,(s) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g) + \frac{1}{2}\,Fe_2O_3\,(s) + 2\,S^0\,(s)$$

بدلیل مصرف بخشی از اسید توسط سایر کانی های موجود در کنسانتره (گانگ) می‌بایست مقداری اسید دائماً به سیستم اضافه گردد .این اسید از طریق فرآیند اکسی هیدرولیز آهن کنسانتره در اتوکلاو طبق واکنش زیر تولید می‌گردد:

$$CuFeS_2\ (s) + 17/4\ O_2\ (g) + H_2O\ (l) \rightarrow \frac{1}{2} Fe_2O_3\ (s) + CuSO_4\ (a) + H_2SO_4\ (a)$$

هزینه بکار رفته در این فرآیند میزان مصرف الکتریسیته در واحد EW و واحد تولید اکسیژن و مقادیری آهک جهت خنثی سازی اسید می باشد[۸۱].

۱۳-۷-۳. مقایسه روش Galvanox با تکنولوژیهای مشابه

اختلاف عمده بین فرآیندهای تجاری تولید مس به روش هیدرومتالورژی از کنسانتره های آن در جدول۱۳-۲ نشان داده شده است. با توجه به جدول۱۳-۲ مزایای روش فرآیند Galvanox با مقایسه با سایر فرآیندهای مشابه. مشخص می‌گردد. فرآیند در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد با ذرات کنسانتره در حدود ۷۵ µm و اکسایش پیریت کمتر از ۵٪ و عدم هزینه زیاد جهت خنثی سازی اسید از مزایای این روش است.

جدول۱۳-۲. مقایسه روش Galvanox با سایر روشهای انحلال کنسانتره کالکوپیریتی

Process	Mechanism	Temperature ^0C	Pressure kPa(abs)	Grid µm	S^{2-} %Ox	FeS_2 %Ox
Total POX	Total Sulphur Oxidation	۲۲۰	۳۲۰۰	۵۳	۱۰۰	۱۰۰
CESL	Surfactant + Cl^-	۱۶۵	۱۵۰۰	۳۷	۶	۶۵
AARL/UBC	Surfactant + Fine Grid	۱۵۰	۱۳۰۰	<۱۵	۷۰	۸۰
Dynatec	Surfactant(coal)	۱۵۰	۱۲۷۵	۳۷	۸۸	۸۸
Activox	Ultrafine Grinding	۱۱۰	۹۴۰	<۱۰	۱۰	۲۰
Albion	Ultrafine Grinding	۸۵	۱۰۰	<۱۰	۱۰	۴۰
BioCop	Thermophilic Microbes	۸۰	۱۰۰	۲۲	۱۰۰	۱۰۰
Galvanox	Galvanic Catalysis	۸۰	۱۰۰	۷۵	<۵	<۵

مس کنسانتره های با عیار حدود ۱۰٪ از طریق این فرآیند با موفقیت قابل استخراج است و کنسانتره‌های با این عیار در فرآیندهای پیرومتالورژی یا ذوب که به کنسانتره با عیار حداقل ۲۲٪ نیاز دارد کارایی ندارند را میتوان با این فرآیند بطور موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار داد.

به نظر میرسد که تولید کنسانتره با عیار ۱۰٪ از معادن سولفوری کم عیار و سپس انحلال آن توسط روش Galvanox و نهایتاً تولید مس کاتدی از روشهای فنی و اقتصادی مناسب باشد .

لذا پیشنهاد می‌شود که جهت معادن کم عیار کالکوپیریتی و سایر کانی‌های سولفیدی این روش نیز مد نظر قرار گرفته و مورد مطالعه جدی تری قرار گیرد[۸۱].

۱۳-۸. استفاده از مخلوط آمونیاک و کربنات آمونیوم جهت انحلال کنسانتره کالکوپیریت مجتمع مس نمونه یک در فشار محیط و دمای متوسط

کالکوپیریت(CuFeS2) فراوان‌ترین و مهم‌ترین منبع فلز مس بر روی پوسته‌ی زمین است که بیش از ۷۰ درصد ذخایر مس جهان را به خود اختصاص داده است. مرسوم‌ترین روش فرآوری این کانی جهت استحصال مس این است که کانی مورد نظر، با عملیات استاندارد کانه آرایی تغلیظ شده و سپس کنسانتره به دست آمده در دمای بالا ذوب یا تشویه می‌شود و در نهایت با عملیات تصفیه مس با عیار ۹۹/۹۹ درصد از آن به دست می‌آید. روش‌های هیدرومتالوژی، با توجه به هزینه‌های سنگین مواد اولیه، سرمایه‌گذاری بالا، نیروی انسانی و وجود مشکلاتی نظیر آلودگی‌های زیست محیطی، مصرف بالای انرژی و عدم امکان استفاده مجدد از مواد مصرفی در مقایسه با روش‌های حرارتی، از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. تحولات و پیشرفت این رشته در صنعت متالوژی استخراجی ناشی از سازگاری بیشتر این روش با محیط زیست و مصرف کمتر انرژی می‌باشد که گسترش آن مرهون کشف و ساخت حلال‌ها و رزین‌های آلی انتخابی میکرواورگانیسم‌ها است.

کالکوپریت در محیط‌های سولفاته و در فشار اتمسفری به دلیل تشکیل لایه مقاوم بر روی ذرات ان به کندی حل می‌شود. روش‌های مختلفی برای افزایش سرعت لیچینگ کالکوپیریت در دما و فشار محیط ابداع شده است مانند استفاده از فرآیند تحت فشار، میکرواورگانیسم‌ها، خردایش بسیار ریز، استفاده از یون‌های نقره، و کلر که سرعت انحلال کالکوپیریت را در محیط‌های سولفاته تسریع می‌بخشند. در تمامی این روش‌ها اغلب، سایر عناصر از جمله آهن به همراه مس وارد محلول شده و محلول باردار با چندین عنصر به دست می‌آید که مشکلات بعدی در جداسازی و خالص‌سازی این محلول جهت بازگرداندن آن به فرآیند لیچینگ وجود دارد که اغلب به سختی و با هزینه‌ی زیاد صورت می‌گیرد.

لیچینگ آمونیاکی برای اولین بار در کارخانه Kennecott در آلاسکا مورد استفاده قرار گرفت. بخاطر اینکه کانسنگ‌های اکسیدی مس، حاوی مقدار زیادی گانگ کربناتی در سنگ آهن دولومیتی بودند که قابلیت انحلال زیادی در محیط‌های اسیدی دارند، بنابراین مصرف اسید را شدیداً بالا می‌بردند.

آمونیاک معمولاً برای عناصری نظیر مس،نیکل و کبالت به دلیل تشکیل انتخابی گونه‌های پایدار فلزی بکار می‌رود. کمپلکس احاطه شده با آمونیاک بخاطر گونه‌ی فعال نیتروژن، مس را در ساختار کمپلکس خود احاطه می‌کند. مزایایی همچون؛ سمیت پایین، هزینه کم، قابلین بازیافت آسان، تولید استخراج کننده‌های مناسب محیط

آمونیاکی، دلایل گسترش استفاده از لیچینگ آمونیاکی در فرآندهای هیدرومتالوژیکی به ویژه در لیچینگ مـی‌باشـد. علیرغم مزایای موجود، این روش قابلیت لیچینگ کمتری نسبت به عوامل اسیدی دارد و نیز تبخیر آمونیاک از جمله مشکلاتی است که نسبت به عوامل لیچینگ اسیدی، این روش را تحت تاثیر قرار می‌دهد هرچند هیـدرولیز آمونیـاک به صورت اوره حمل و نقل آن را آسان ساخته است.

کالکوپریت در حضور اکسیژن و محلول آمونیاکی به صورت واکنش زیر (۱) حل می‌گردد:

$$CuFeS_2 + 4NH_3 + \frac{17}{4}O_2 + 2OH^- = Cu(NH_3)_4^{2+} + \frac{1}{2}Fe_2O_3 + 2SO_4^{2-} + H_2O$$

مطالعات صورت گرفته نشان داده‌اند که انحلال کالکوپیریت در محیط‌های آمونیاکی یک واکنش الکتروشیمیایی است که متشکل از دو نیم واکنش کاتدی و آندی می‌باشد. از ایـن رو مـی تـوان واکـنش (۱) را بـه دو نـیم واکـنش کاتدی و آندی مجزا به صورت زیر نوشت:

نیم واکنش آندی (۲):

$$CuFeS_2 + 19OH^- \rightarrow Cu^{2+} + \frac{1}{2}Fe_2O_3 + 2SO_4^{2-} + \frac{19}{2}H_2O + 17\,e^-$$

نیم واکنش کاتدی (۳):

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$$

افزودن یک عامل اکسید کننده مطابق واکنش ۱ در لیچینگ سولفیدها امری ضروری است. برمات‌ها،کلـرات‌هـا، یون فریک، پراکسید هیدروژن و اکسیژن معمول‌ترین اکسید کننده‌هایی هستند که در این صنعت به صورت موفقیت آمیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در این بین، اکسیژن به‌خاطر ارزانی و فراوانی آن بیشتر مورد اسـتفاده صـنعت قـرار گرفته است. مهم‌ترین ویژگی لیچینگ آمونیاکی در انتخابی عمل کردن برای عنصر مورد نظـر اسـت و عـلاوه بـراین، گونه‌های مزاحم از جمله آهن به صورت آهن سه ظرفیتی تبدیل و بـه دنبـال آن بـه صـورت اکسـید آهـن آبـدار در محلول رسوب می‌کندو مس آزاد شده با ظرفیت ۲+ به حالت اکسید شـده بـا آمونیـاک کمـپلکس تشـکیل داده و در محلول باقی می‌ماند. جزییات شیمیایی انحلال سولفیدها در محلول‌های آمونیاکی بسیار پیچیـده و بـه صـورت چنـد مرحله‌ای است. به صورت مختصر سولفیدها به گونه‌های محلول از جمله سولفات (-2SO4) به همراه مقادیر جزئـی از حالت‌های اکسید شده‌ی کم مانند تیوسـولفات (S2O3-2) ، تـری تیونـات(S3O6-2) و سـولفامات (NH4SO3NH2) تبدیل می‌شوند.

با توجه به مشکلات عدیده‌ای که در محیط‌های اسیدی در شرایط فشار محیطی و دمای زیر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد برای لیچینگ کالکوپیریت وجود دارد و با توجه بازیابی پایین مس در زمان‌های کوتاه تحت شرایط فوق در محیط سولفاته، بررسی افزایش بازیابی مس از مخلوط آمونیاک به همراه یکی از نمک‌های آن یعنی کربنات آمونیوم انجام گرفته است. با مراجعه به تحقیقات گذشته از این سیستم لیچینگ برای کنسانتره مس حاوی کالکوپیریت استفاده نشده و یا در صورت استفاده خیلی کم می‌باشد. در ادامه مطالعه موردی برای اولین بار در مورد کنسانتره مس نمونه یک انجام گرفته است. در این تحقیق به بررسی پارامترهای موثر بر روی انحلال کنسانتره کالکوپیریت مجتمع مس نمونه یک در محلول آمونیاک و کربنات آمونیوم پرداخته شده و سعی شده است، علاوه بر اینکه سرعت لیچینگ کالکوپیریت بالا برده شود، محلولی عاری از یون‌های مزاحم تولید گردد.

همانگونه که قبلاً اشاره شد، نرخ انحلال کالکوپریت در محیط سولفاته و در فشار اتمسفری به دلیل تشکیل لایه روی بر روی ذرات آن در مقایسه با لیچینگ سولفیدهای ثانویه و اکسیدهای مس آهسته‌تر می‌باشد. این امر استفاده از محیط‌های سولفاته را در مقیاس صنعتی یا مشکلات جدی روبه‌رو ساخته است. در این بین عوامل لیچینگ آمونیاک و نمک‌های آمونیوم به دلیل بازیابی بالای مس از کالکوپیریت در فشار اتمسفری مورد توجه قرار گرفته‌اند. با انجام آزمایش‌هایی پارامترهای موثر بر لیچینگ کنسانتره کالکوپیریتی مس نمونه یک با ۵۳/۰۲۹ درصد کالکوپیریت و مقدار ۲۵ درصد مس،در فشار اتمسفری با عوامل انحلال آمونیاک و کربنات آمونیوم، در راکتور لیچینگ مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که پارامترهای چون غلظت آمونیاک، کربنات آمونیوم، نسبت جامد به مایع، سرعت همزنی، دبی اکسیژن و زمان لیچینگ، مهم‌ترین عوامل موثر در این لیچینگ می باشند و تحت شرایط مناسب ۵مول آمونیاک، ۰/۳ مول کربنات آمونیوم، نسبت جامد به مایع ۱/۲۰، سرعت همزنی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه، دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، دبی اکسیژن ۱ لیتر بر دقیقه و ۲۴۰ دقیقه زمان لیچینگ، بازیابی بیش از ۷۱درصد به دست می‌آید[۸۲].

۱۳-۹. استخراج مس به روش متالورژی

در این طرح، فرآیند انحلال کانی‌های سولفیدی در اسید سولفوریک سرعت می‌یابد که با این کار می‌توان صنعت استخراج مس از این کانی‌ها را در تمام کشور رایج نمود، زیرا کشور ایران دارای منابع عظیمی از کانی‌های مس سولفیدی است و به دلیل پرهزینه بودن فرآیند این استخراج (یعنی روش سپرومتالوژی) واحدهای خصوصی قادر به ورود به این عرصه تولید و سرمایه‌گذاری نیستند.

بنا بر این تحقیق روش‌های لیچینگ استخراج نسبت به روش سپرومتالوژی سازگارتر با محیط زیست است به‌طوری که مقدار دی اکسید کربن تولید شده دراین فرآیند بسیار کمتر از روش‌هایی مانند مات‌سازی و flash smelting است و علاوه بر اینها بخارات سمی مانند سولفور دی‌اکسید نیز تولید نمی‌شود، چنانچه مصرف انرژی نیز بسیار پایین‌تر و سطح امنیت و بهداشت حرفه‌ای پرسنل بالاتر است.

نوآوری‌ها و ابداعات این روش شامل تهیه گراف جهت بهینه‌سازی اندازه ذرات آسیاب شده کانی مس، آماده‌سازی کانی بعد از فرسایش برای انحلال با راندمان بالا، ابداع روش اختلاط کانی و اسید با جریان هوا و حذف میکسرها و الکتروموتورها و گیربکس‌ها، تولید یون فعال آهن سه ظرفیتی از پوسته‌های اکسیدی ضایعاتی کارخانه‌های فولادسازی و ابداع روش الکترو لایزینگ پالس مکعبی برای جداسازی فلز از محلول هیدرومتالوژی پلی متال‌ها است[۸۳].

۱۳-۱۰. تولید اکسید مس به روش الکترو شیمیایی

روش الکتروشیمیایی تولید اکسید مس مبتنی بر انحلال آندی مس فلزی در الکترولیت آبی حاوی یون کلرید و تشکیل کمپلکس‌های کلریدی مس و سپس هیدراته شدن آنها توسط یونهای هیدروکسیل ناشی از آزاد شدن گاز هیدروژن در کاتد می‌باشد و نتیجه واکنش شیمیایی هیدراتاسیون، تشکیل اکسید مس است. در این پژوهش تاثیر متغیرهای موثر بر الکترولیز شامل غلظت دی‌کرومات پتاسیم به عنوان افزودنی، بازیسیته محلول، غلظت کلرور سدیم، دانسیته جریان و دما بر دو شاخص مهم الکترولیز، یعنی راندمان جریان و مصرف ویژه انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس شرایط بهینه به شرح زیر به دست آمده است[۸۴]:

دما= ۷۵-۸۰C°

NaCl = ۲۴۰ g/l

دانسیته جریان =900 Am2

NaOH=0.5 g/l

$K_2Cr_2O_7$=0.1 g/l

۱۳-۱۱. پروژه تغییر تکنولوژی کارخانه ذوب مجتمع مس نمونه یک

تکنولوژی نمونه یک کوره ریورب است که بسیار قدیمی است و توسط آمریکایی ها قبل از انقلاب طراحی شده است و تقریبا جزء آخرین ریورب هایی است که در حال کار هستند .این فرایند غیر اقتصادی، به واسطه تولید SO_2 آلوده کننده و تلفات انرژی آن نیز بالا است .در نمونه هشت هم کوره مورد استفاده فلش با مشعل هواسوز است که توسط چینی‌ها طراحی شده که این نوع طراحی بسیار قدیمی است و حدود پنجاه سال سابقه دارد .بنابراین تکنولووژی های مورد استفاده در این دو کارخانه هیچ کدام تکنولوژی‌های نویی نیستند و دارای راندمان تولید پایین هستند .هر دو کارخانه دارای طرح های توسعه هستند که برای نمونه یک جایگزینی کوره فلش با ریورب و برای نمونه هشت جایگزینی کوره فلش هواسوزکه توسط Autotek فنلاندی‌ها قرار است صورت پذیرد.

پروژه تغییر تکنولوژی کارخانه ذوب مجتمع مس نمونه یک در حال حاضر در مرحله اجرا است که بنا بر اعلام طرح توسعه ذوب این پروژه در دی ماه سال ۹۳ به بهره برداری خواهد رسید.

با توجه به اینکه بیش از سه دهه از عمر کارخانه ذوب مس نمونه یک می‌گذرد برای جلوگیری از فرسوده شدن

تجهیزات کارخانه ذوب و همچنین افت عیار کانس و نیز ضرورت حفظ تولید، نگهداری و تعمیرات خط به موقع و با دقت بالا انجام می‌شود.

جهت تکمیل چرخه تولید، افزایش بهره وری و کاهش آلودگی زیست محیطی، پروژه تغییر تکنولوژی ذوب از کوره‌های ریورب موجود به کوره فلش و راه اندازی کارخانه اسید جدید برای جمع آوری گازهای SO_2 و تولید اسید سولفوریک و ممانعت از ورود SO_2 به محیط در دستور کار طرح توسعه ذوب قرار گرفته است.

کوره های فلش قابلیت ذوب کنسانتره با عیار پایین را دارند و با توجه به بررسی های صورت گرفته بیش از ۵۰ درصد از تولید مس در دنیا توسط کوره های فلش انجام می شود.

در حال حاضر تولید آند حاصل از کانس در مجتمع مس نمونه یک حدود ۱۰۰ هزار تن در سال است که در صورت نصب و راه اندازی کوره فلش هزینه های تولید کاهش می یابد و میزان تولید به ۲۸۲ هزار تن در سال افزایش خواهد یافت .

ذوب کنسانتره با کوره های فلش بسیار مقرون به صرفه و با راندمان بالایی همراه است و برای ذوب کنسانتره در این کوره ها به جای سوخت های فسیلی از اکسیژن استفاده می‌شود که در نتیجه علاوه بر افزایش تولید،کنترل آلودگی محیط زیست را نیز به همراه خواهد داشت[۸۵].

فصل چهاردهم:
هدف گذاری و تعیین شاخص مصرف انرژی
در کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت صنعت تولید مس در کشور

۱۴-۱. ارائه برنامه کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برای پیاده سازی راهکارهای عملی بهینه سازی مصرف انرژی

با توجه به میزان مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس در کشور و اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در مراحل مختلف تولید مس می توان میزان مصرف انرژی را کاهش داد و به میزان مصرف انرژی در تولید جهانی رسانید.

در شکل۱۴-۱ ابتدا جایگاه ایران از لحاظ مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید از لحاظ انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی بیان شده و سپس راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت به تفکیک الکتریکی، حرارتی، تولیدی و مدیریتی و تاثیر آن بر مصرف ویژه انرژی ارائه شده است و در نهایت میزان مصرف ویژه انرژی در واحدهای مختلف به تفکیک انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی بعد از اجرای راهکارها مشخص شده است. که نشان می دهد میزان کاهش مصرف ویژه انرژی در صورت اجرای راهکارها قابل ملاحظه است و در نتیجه استفاده از راهکارها را منطقی نمایش می دهد.

جایگاه فعلی ایران از لحاظ مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید

واحد ذوب و پالایش			
مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه انرژی حرارتی	
kWh/ton	GJ/ton	kWh/ton	GJ/ton
1025	3.69	4841.66	17.43

واحد تغلیظ			
مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه انرژی حرارتی	
kWh/ton	GJ/ton	kWh/ton	GJ/ton
3019	10.868	144.44	0.52

واحد معدن			
مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه انرژی حرارتی	
kWh/ton	GJ/ton	kWh/ton	GJ/ton
53	0.19	1847.22	6.65

energyenergy.ir

اجرای راهکارهای کوتاه مدت (برنامه ها اجرای سه ساله)

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-کاهش ظرفیت فن هوای احتراق با تنظیم شرایط احتراق - اصلاح سیستم روشنایی	139 kWh/ton	7000
حرارتی	-بهبود عایقکاری کوره‌ها -تنظیم شرایط احتراق -تغییر منابع از سوخت مایع به گاز طبیعی و انرژی های نوین	0.16 GJ/ton	5000
تولید	-فرآیند ذوب بدون آلودگی محیط - تعیین مشخصات کاتد به صورت آنلاین	0.3 GJ/ton	15000
مدیریتی	-مدیریت ضایعات	0.1 GJ/ton	1000

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	- استفاده از درایو کنترل دور -تغییر نوع تسمه های موتور - اصلاح سیستم روشنایی	972 kWh/ton	3000
حرارتی	-بهبود عایقکاری خشک کن -استفاده از پرده‌های هوایی برای ورودیهای سالن تولید	0.1 GJ/ton	1500
تولید	-بازیافت آب از باطله‌ها و بالابردن راندمان استفاده از آب	0.2 GJ/ton	10000
مدیریتی	-افزایش اطلاعات و آگاهی و استفاده از مدیریت دانش --جمع‌آوری اتوماتیک اطلاعات و آمار و کاربرد رایانه	0.1 GJ/ton	2000

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-ارتقاء سیستم های اندازه گیری مانیتورینگ - بهینه سازی تکنولوژی لرزه نگاری سه بعدی و چهار بعدی -اصلاح سیستم روشنایی	111 kWh/ton	1000
تولید	-تجزیه و تحلیل مواد -ارتقاء اطلاعات معدن -افزایش دقت استخراج	0.4 GJ/ton	2000
مدیریتی	-فعالیت‌های اکتشافی با رویکرد حفظ محیط زیست -بهبود تجهیزات معدن	0.35 GJ/ton	10000

اجرای راهکارهای میان مدت (برنامه های اجرایی سه تا هفت ساله)

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-استفاده از درایو کنترل دور فن احتراق	69 kWh/ton	24000
حرارتی	-پیش گرمایش هوای احتراق کوره‌ها	2 GJ/ton	130000
تولید	-تولید مس کاتدی از غبار کوره‌های ذوب و خاک‌های اکسیدی -جمع‌آوری و امحای روغن‌های آسکارل -تولید مس به روش الکتروویننگ -تولید مس به روش Galvanox	0.6 GJ/ton	110000
مدیریتی	-سهولت و تقویت تبادل اطلاعات -کاهش توقفات	0.05 GJ/ton	2000

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-افزایش بازدهی الکتروموتورها با اجرای برنامه تعمیرات و نگهداری -استفاده ازتکنولوژیهای هوشمندسازی -استفاده از درایو کنترل دور	180 kWh/ton	25000
حرارتی	-به حداقل رساندن تلفات (به عنوان مثال، به حداقل رساندن تبخیر و ...)	0.1 GJ/ton	1000
مدیریتی	-وجود بانک اطلاعاتی -استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر -نزدیک بودن فرایند غنی سازی به معادن	0.25 GJ/ton	10000

نوع راهکار	راهکارهای کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-افزایش اتوماسیون و استفاده از تکنولوژی رباتیک در فرایند انتقال مواد -استفاده از درایو کنترل دور	50 kWh/ton	12000
حرارتی	-استفاده کمتر از کامیون‌های معدن و استفاده از جایگزین های مناسب	0.15 GJ/ton	20000
مدیریتی	-اجرای بهینه مطالعات اکتشافی با توجه به کم شدن عیار مس درمعادن، بهبود طراحی و ابزارهای اکتشاف معدن و مینیمم کردن ضایعات	0.09 GJ/ton	10000

اجرای راهکارهای بلند مدت(برنامه های اجرایی هفت تا ده ساله)

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-استفاده از الکتروموتورهای راندمان بالا -استفاده از جبران کننده‌های خازنی -هوشمندسازی و استفاده از سیستمهای کنترل زمان	222 kWh/ton	40000
حرارتی	-اکسی‌فیول کردن کوره‌های ذوب	1.8 GJ/ton	40000
تولید	-جایگزینی کوره های ریورب با کوره‌های ذوب فلش (اسفاده از تکنولوژی برتر) -استفاده از آندهای جایگزین -تغییر واکنش آند -استفاده از روش الکتروونینگ	0.5 GJ/ton	240000
مدیریتی	-استفاده از سیستمهای کنترل زمان واقعی(آنلاین) تمام فرایند	0.05 GJ/ton	10000

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-استفاده از الکتروموتورهای راندمان بالا -استفاده از جبران کننده های خازنی	208 kWh/ton	35000
حرارتی	-استفاده تکنولوژی‌های خشک -بازیافت حرارت در چیلر جذبی	0.1 GJ/ton	1000
تولید	-توسعه روش استخراج با حلال	0.25 GJ/ton	10000
مدیریتی	-استفاده از سیستمهای کنترل زمان واقعی(آنلاین) تمام فرایند	0.05 GJ/ton	10000

نوع راهکار	راهکار های کاهش مصرف ویژه انرژی	کاهش مصرف ویژه انرژی	هزینه سرمایه گذاری میلیون ریال
الکتریکی	-هوشمندسازی خرد کردن و بهبود و ارتقاء راندمان سیستم‌های موجود	60 kWh/ton	20000
تولید	-استفاده از تکنولوژیهای نوین و دستگاه‌های جدید آنالیز پرتال -استخراج با باکتری -استخراج با حلال	0.3 GJ/ton	120000
مدیریتی	-استفاده از انرژی های نو و انرژی های تجدید پذیر -اکتشاف معادن و محصولات جدید قابل اعتماد -بازسازی و نوسازی معادن	0.03 GJ/ton	50000

جایگاه ایران بعد از اجرای راهکارهای کاهش مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف

واحد ذوب و پالایش			
مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه انرژی حرارتی	
kWh/ton	GJ/ton	kWh/ton	GJ/ton
581	2.09	3311.11	11.92

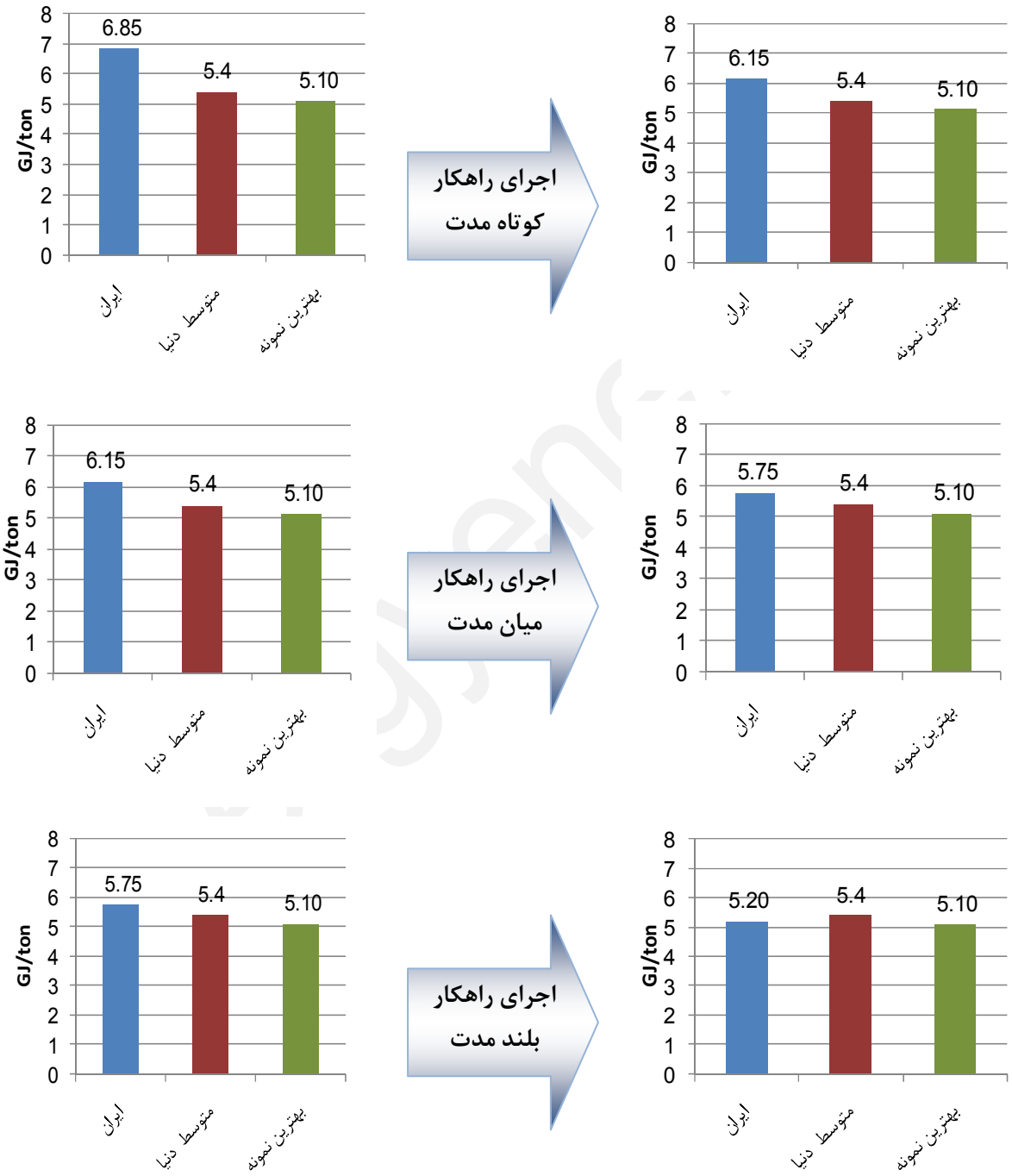
واحد تغلیظ			
مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه انرژی حرارتی	
kWh/ton	GJ/ton	kWh/ton	GJ/ton
1428	5.14	55.55	0.2

واحد معدن			
مصرف ویژه انرژی الکتریکی		مصرف ویژه انرژی حرارتی	
kWh/ton	GJ/ton	kWh/ton	GJ/ton
28	0.1	1416.66	5.1

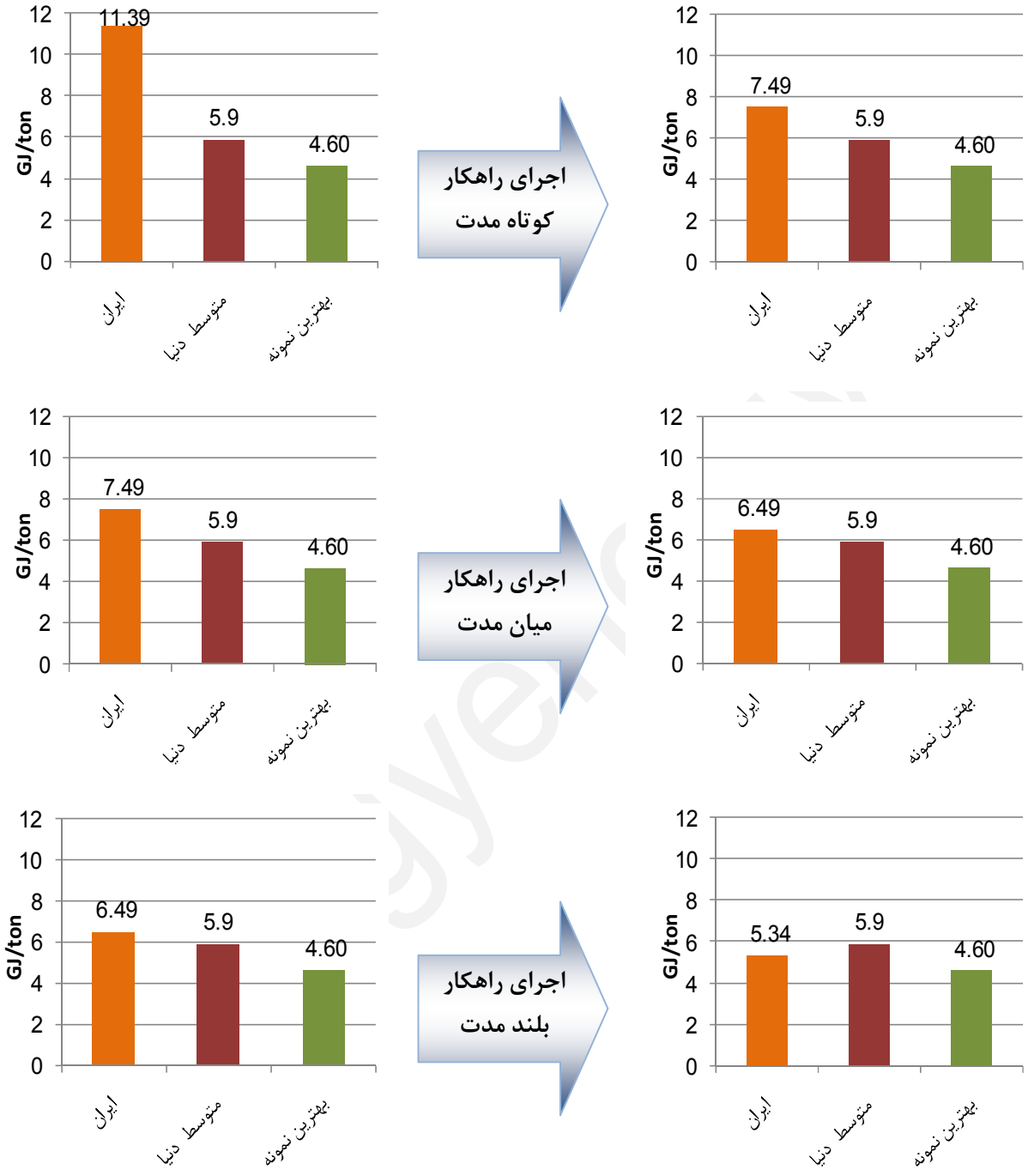
شکل۱۴-۱. تاثیر اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بر میزان مصرف انرژی حرارتی و انرژی الکتریکی در واحدهای معدن، تغلیظ و ذوب و پالایش مس کشور

۱۴-۲. هدف گذاری و تعیین شاخص مصرف انرژی در کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت صنعت تولید مس در کشور

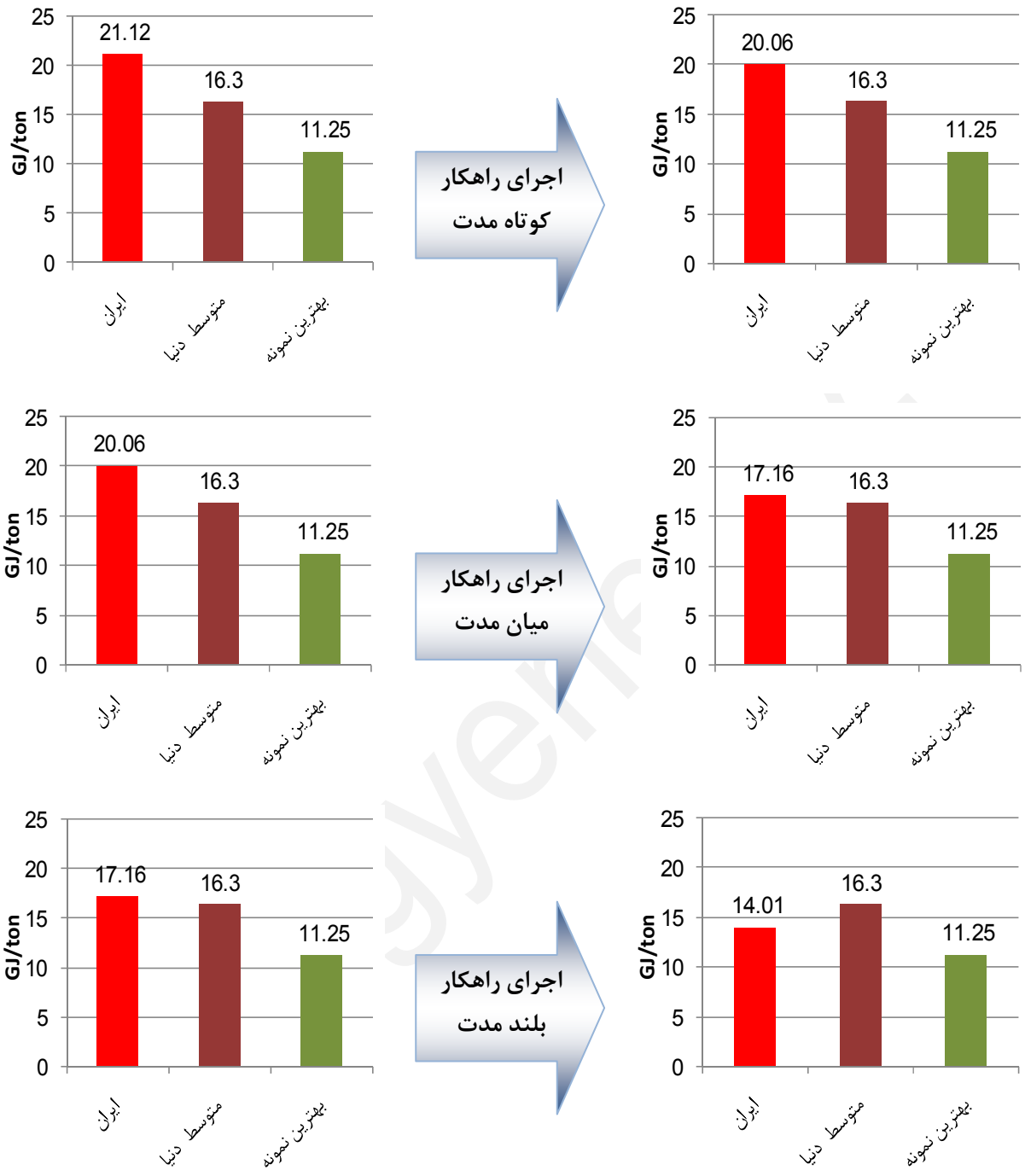
در شکل۱۴-۲ تا شکل۱۴-۴ مقایسه میزان مصرف ویژه انرژی در واحدهای معدن، تغلیظ، ذوب وپالایش کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت با متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا آورده شده است.



شکل۱۴-۲. مقایسه مصرف ویژه انرژی در واحد معدن کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت با متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا



شکل۱۴-۳. مقایسه مصرف ویژه انرژی در واحد تغلیظ کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت با متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا

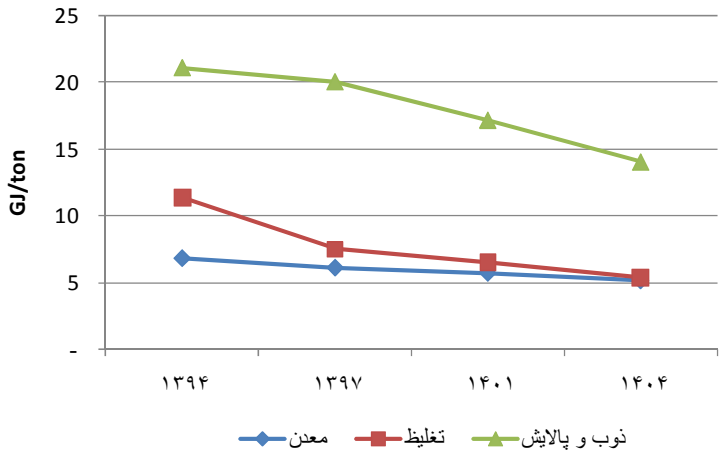


شکل۱۴-۴. مقایسه مصرف ویژه انرژی در واحد ذوب و پالایش کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت با متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا

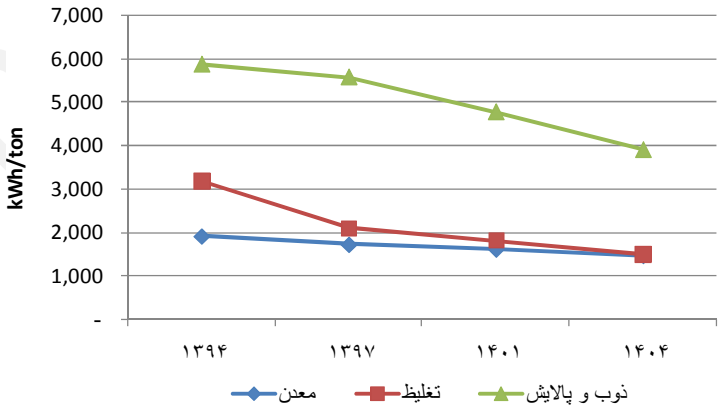
همانطور که در شکل۱۴-۲ تا شکل۱۴-۴ مشاهده می شود می توان با اجـرای راهکارهـای کوتـاه مـدت، میـان مدت و بلند مدت در واحدهای مختلف تولید مس می توان به میزان مصرف ویژه انرژی تولید مس در متوسط دنیـا و حتی به بهترین نمونه های اجرایی جهان نزدیک شد که این نکته اجرای راهکارها را از لحـاظ بهینـه سـازی مصـرف انرژی تایید می‌کند.

۱۴-۲-۱. چشم انداز مصرف انرژی در سال های آتی

با توجه به آمار و اطلاعات کارخانجات تولید مس کشور و مشخص نمودن نقاط ضعف صنعت مـس، راهکارهـایی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت برای بهبود وضعیت صنعت مس درفصول قبل پیشنهاد شدکه بـا توجـه بـه ایـن راهکارها می توان در سال های آتی به مصـرف انـرژی کمتـر بـه ازای تولیـد مشـخص رسـید. کـه در شـکل۱۴-۵ و شکل۱۴-۶ چشم انداز سال های آتی پس از اعمال راهکارها را می توان دید.



شکل۱۴-۵. میزان مصرف ویژه انرژی بر حسب GJ/ton در مراحل مختلف تولید مس پس از اجرای راهکارها به مدت ده سال



شکل۱۴-۶. میزان مصرف ویژه انرژی بر حسب kWh/ton در مراحل مختلف تولید مس پس از اجرای راهکارها به مدت ده سال

فصل پانزدهم:
نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور

بر اساس تعاریف جهانی، نقشه راه، یک ابزار ارتباطی است که نیازهای رقابت آمیز طولانی مدت تعیین شده توسط یک صنعت خاص را توضیح می دهد. مسلماً دستیابی به راه حل برای تأمین این نیازها برای بهبود آینده صنایع و در عین حال تأمین اهداف بهینه سازی مصرف انرژی، ضروری است. لازم به ذکر است که اصطلاح نقشه راه با این تعبیر نخستین بار توسط دپارتمان انرژی ایالات متحده آمریکا به کار برده شد.

تدوین نقشه راه باعث می شود:

- توافقی در رابطه با اهداف استراتژیک حاصل شود.
- توانایی صنعت برای هدایت تحقیقات و بکارگیری تکنولوژیهای نوین افزایش می یابد.
- محدوده مشخصی برای دستیابی به تأمین بودجه و مساعدتهای مالی مشخص شود.
- روند رقابتهای کلی هریک از شرکتها بهبود می یابد.

از آنجا که تدوین نقشه راه برای یک صنعت خاص، مستلزم بررسی جامع و کامل صنعت مورد نظر است، گزارش نقشه راه بهینه سازی انرژی مس کشور بر اساس برنامه ها و اهداف تعیین شده برای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت تعیین شده برای این صنعت در کشور، ارائه می گردد.

نقشه راه با توجه به نیازهای صنعتی، نیازهای مرتبط با تکنولوژی مواد، نیازهای زیست محیطی، قانونی و تکنولوژیکی و نیازهای مربوط با هریک از حوزه های منابع انرژی قابل اعتماد، بازار و محصولات و منابع انسانی تعیین می گردد و بنا به میزان اهمیت و اولویت اجرا ارائه می گردد.

۱۵-۱. مراحل اجرای کار

اجرای کار در نقشه راه طی پنج مرحله به شرح زیر انجام می پذیرد:

اهداف بهینه سازی انرژی صنعت مس

تشکیل کمیته راهبری انرژی، تعیین اهداف بهینه سازی انرژی و برنامه‌ریزی جهت رسیدن به اهداف موردنظر در صنعت مس در ۱۰ الی ۱۵ سال آینده

شناسایی نقاط قوت و ضعف، تهدیدها و فرصتها

شناسایی نقاط قوت و ضعف و تهدیدها و فرصتهای موجود در صنعت مس کشور در آینده و ایجاد فرصتهای مناسب به موقع و به بهترین شکل در تعامل با محیط و تبدیل تهدیدها به فرصت و یا رها شدن از مسیر تهدیدها

تعیین اقدامات اصلاحی براساس نیازهای موجود

ارائه راهکارهای بهینه‌سازی انرژی جهت پاسخگویی به چالشهای شناسایی شده‌ی موجود در روند بهینه‌سازی و توسعه برای رسیدن به اهداف مورد نظر، به صورت سازماندهی شده در سه حوزه سرمایه‌گذاری برای بهینه‌سازی تکنولوژیهای موجود، توسعه تکنولوژیهای موجود و تکنولوژیهای نوین

اولویت بندی اقدامات اصلاحی

اولویت‌بندی فرصتهای موجود و قرار دادن ضرورت‌ها در اولویت‌های اول

اجرا

فعالیت‌های تعریف شده در این صنعت بر اساس اولویت بندی تعیین شده در نقشه‌راه می بایست اجرایی شوند.

۱۵-۲. اهداف کلان در نقشه راه بهینه سازی انرژی صنعت مس کشور

بر اساس نیازهای صنعت مس کشور، نقشه راه پیشنهادی برای بهینه سازی مصرف انرژی در این صنعت باید قادر به تأمین اهداف کلان زیر باشد:

- ارتقاء تکنولوژی های تولید
- هزینه تولید پایین‌تر
- بالانس قابل قبول در مباحث اقتصادی، انرژی و محیط زیست
- مدیریت سرمایه‌گذاری در تکنولویهای نوین از دیدگاه انرژی
- دستیابی به منابع قابل اعتماد و بهبود راندمان انرژی
- منابع انسانی کارآمد، آشنا و متعهد به بهینه سازی انرژی

- تأمین بازار و محصولات

۱۵-۳. حوزه های فعالیت برای رسیدن به اهداف

همانگونه که قبلاً اشاره شد، سه حوزه فعالیت برای رسیدن به اهداف مورد نظر در نقشه راه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور تعریف می‌شود که این حوزه‌ها شامل:

۱. بهبود در سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود
۲. توسعه تکنولوژیهای موجود
۳. تکنولوژی‌های نوین برای کارخانجات جدیدالاحداث

۱۵-۴. شناسایی نقاط قوت و ضعف و تهدیدها و فرصتها

تعیین استراتژی برای حرکت صنعت مس در ایران، به ویژه در مقطعی از زمان که بحث جهانی شدن، در دستور کار عوامل اقتصاد اغلب کشورهای صنعتی قرار دارد، از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد.

تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از محیط بیرونی و قرار دادن فعالیتهای درونی یکی از گام‌های اساسی در برنامه‌ریزی استراتژیک می‌باشد. برای این منظور می‌توان با قرار دادن هریک از نقاط قوت و ضعف داخلی صنعت مس کشور در مقابل فرصتها و محدودیتهای بیرونی ، فعالیت اصلی تدوین استراتژی را به پیش برد.

شناسایی نقاط قوت و ضعف صنعت مس کشور در جهت استفاده از فرصت‌ها و جلوگیری از تهدیدهای ناشی از محیط بیرونی این صنعت اهمیت ویژه دارد و در جدول۱۵-۱ مورد توجه قرار گرفته است.

لازم به ذکر است که نقاط قوت:

۴. باید مستمر باشند.
۵. برای مشتریان و ذینفعان دارای ارزش باشند.
۶. نقطه برتری این صنعت نسبت به سایر صنایع باشند.

و نقاط ضعف:

۴. قابلیت برتری و رقابت پذیری را کاهش می دهد.
۵. باعث نارضایتی مشتریان و ذینفعان می شود.
۶. هزینه بر است و کارایی و بهره وری را در سازمان کاهش می دهد.

جدول۱۵-۱. ماتریس ارزیابی عوامل داخلی **IFE**

ارزیابی عوامل داخلی IFE
نقاط قوت
برخورداری از پتانسیلهای معدنی وسیع در سراسر کشور و داشتن حدود ۳ درصد از ذخایر مس جهان
وجود مدیران با تجربه ، مصمم و طالب تحولات بنیادین در فرآیند بهره برداری از معادن کنونی و اکتشاف معادن

جدید و بهینه سازی مصرف انرژی در فرایند تبدیل کانی مس به مس فلزی با عیار بالا
قابلیت کاهش مصرف ویژه با اعمال مدیریت ساده برمصرف انرژی در صنعت مس کشور
برخورداری از تکنولوژی پیشرفته در برخی از شرکتهای معدنی با مصرف انرژی بهینه
وجود پتانسیل بسیار بالا برای بهبود وضعیت مصرف انرژی در این صنعت
دسترسی به انرژی نسبتاً ارزان
بومی شدن بسیاری از فرآیندها و ساخت تجهیزات
نیروی انسانی مجرب
شروع هماهنگ سازی ساختار نیروی انسانی برای انجام استراتژیهای نوین
بهره‌گیری از شرایط انحصاری دولتی
برخورداری از بازار فروش با ثبات
شمول قانونی تجارت بر فعالیتهای شرکت
وابستگی به یک سازمان پشتیبانی مادربا قابلیت برخورداری از منابع داخلی برای انجام فعالیتهای پژوهشی ، توسعه منابع انسانی ، حمایت فنی و آموزش و حمایت مالی و اعتباری
نقاط ضعف
پایین بودن سرمایه گذاری در این صنعت
بالا بودن تلفات ذوب و تلفات زمان توقف
قدیمی بودن تکنولوژی تجهیزات، کهنه و یا معیوب بودن تجهیزات موجود
ضعف در ثبت و تحلیل مصرف انرژی در صنعت مس کشور
عدم دسترسی به دانش فنی کارآمد
عدم وجود برنامه تعمیر و نگهداری مناسب برای تجهیزات
عدم استفاده صحیح از تجهیزات موجود و بالا بودن تلفات در بخشهای مختلف
آلایندگی نسبتا بالای صنعت و اثرات آن در منطقه به خصوص در فرآیند ذوب
فرسوده و قدیمی بودن فناوری‌های شرکت و تاثیر منفی آن بر هزینه و ظرفیت تولید (بالا بودن مصرف انرژی، مواد اولیه و نیروی انسانی در فرآیندهای تولیدی) و بالا بودن هزینه‌های توقف
فقدان ارتباط مستمر و سیستماتیک با مراکز تحقیقاتی، دانشگاهی و اتحادیه‌های صنعتی
فقدان فعالیت‌های R&D در زمینه توسعه‌های منابع انسانی و بهینه‌سازی مصرف انرژی با تعاریف راهبردی
عدم برخورداری از یک نظام آموزشی منسجم و هدفمند برای به روز نمودن دانش فنی متخصصین موجود
دولتی بودن عمده‌ی این صنعت (عدم استقلال کامل مدیریتی به عنوان یک بنگاه اقتصادی خصوصی)
وابستگی عمیق تکنولوژی در برخی زمینه ها به سایر کشورها خصوصاً در زمینه های فرایندی
عدم اعتماد به محققین داخلی
محدود (تمام شدنی) بودن منابع مس و کاهش عیار در معادن
چالش در تامین مالی برای پروژه‌های سرمایه‌گذاری
بالابودن ریسک صنعت در سرمایه‌گذاری در اکتشاف
وابستگی شدید به قیمت جهانی مس به دلیل تک محصولی بودن(عدم تنوع محصولات پایین دستی)
فقدان توجه به بازاریابی استراتژیک و بازاریابی صنعتی
محدود بودن شرکت های مشاور و پیمانکار قوی و تخصصی داخلی در زمینه انرژی
عدم استفاده از شرکتهای مشاور قوی و تخصصی در زمینه افزایش راندمان و بهره‌وری انرژی

ضعف شبکه اطلاعات مدیریت از مدیریت مصارف انرژی در صنعت
بالا بودن قیمت تمام شده محصول با توجه به مصرف ویژه انرژی قابل ملاحظه

در این مرحله هدف، شناسایی متغیرهای اصلی است که صنعت مس کشور باید در برابر آن‌ها واکنش عملی نشان دهد. هدف این است که با تدوین نقشه راه مناسب، ضمن بهره‌برداری از فرصت‌ها، اثر عوامل تهدیدکننده کاهش یابد. بر این اساس اهداف استراتژیک این صنعت بر مبنای فرصتها، تهدیدها، قوتها و ضعفها با رویکرد انرژی تعیین شده است. که نتایج حاصل در جدول۱۵-۲ ارائه شده است. بر مبنای اهداف استراتژیک (کلان)، اهداف خرد تعیین و اقدامات مورد نیاز برای دستیابی به اهداف خرد نیز مشخص می‌شود.

جدول۱۵-۲. ماتریس ارزیابی عوامل خارجی **EFE**

ارزیابی عوامل خارجی EFE
فرصت ها
وجود دانشگاههای معتبر برای تربیت متخصصین مرتبط با معدن و وجود نیروی تحصیلکرده و صاحب نظر در زمینه صنعت مس و انرژی در جامعه
توجه و رویکرد مسئولین ارشد کشور به مقوله بهینه سازی مصرف انرژی و حفظ محیط زیست طی سالیان اخیر
احتمال اعطای تسهیلات و وامهای کم بهره برای ارتقاء صنعت مس کشور
وجود پروتکل مکانیسم توسعه پاک CDM
وجود تسهیلات محیط زیست جهانی GEF
وجود شرکت‌های خدمات انرژی ESCO
افزایش قیمت نفت در سالهای اخیر و تقویت ذخایر ارزی کشور و امکان استفاده از امکانات پولی صندوق توسعه و معادن
تصویب قانون برای تشویق سرمایه گذاری خارجی از 1380 و بهبود نسبی محیط برای جذب سرمایه های بیرونی
رشد مصرف انرژی های تجدیدپذیر که از جمله مصرف کنندگان این صنعت به شمار می روند
نیروی انسانی ارزان قیمت
اصلاح قانونی مالیاتهای مستقیم
کسری مس در بازارهای بین المللی
اوجگیری قیمت فلزات پایه علی الخصوص مس و دورنمای خوب انها
رشد روزافزون صنایع مصرف کننده مس در کشور
آماده بودن بسیاری از زیرساختها برای بهینه سازی مصرف انرژی
نیاز روزافزون کشورهای مختلف به ساخت و ساز و ایجاد زیرساخت ها در راستای صنعتی شدن و یا بازسازی خرابی های ناشی از حوادث و بلاهای طبیعی
یکسان سازی نرخ ارز
تهدیدها
کاهش رقابت پذیری با توجه به قیمت تمام شده بالای محصول
حذف تدریجی یارانه‌ها که با توجه به مصرف ویژه انرژی بالای کارخانجات موجود، باعث افزایش شدید قیمت تمام

شده محصول می‌شود.
وجود بحرانهای منطقه‌ای و معرفی ایران به مثابه حامی تروریسم و مخالف صلح و در نتیجه پیدایش بی‌ثباتی در روابط خارجی ایران با دیگر کشورها
عدم وجود آیین نامه‌های شفاف و مؤثر در جهت بهبود وضعیت موجود
عدم وجود قوانین کارآمد برای اعطای تسهیلات،
عدم وجود قوانین کارآمد برای جلوگیری از راه اندازی کارخانجات کم بازده
وجود رقبای خارجی
عدم امکان پیش بینی هزینه و دسترسی به انرژی
قرار گرفتن ایران در فهرست کشورهایی که دارای خطرپذیری بالا برای سرمایه گذاری خارجی هستند
عدم همکاری ادارات و سازمانهای مذکور در تأمین زیر ساخت های لازم شامل زمین، آب ، برق، سوخت و ارتباطات
عدم همکاری ادارات و سازمان های ذیربط در ارائه مجوزات قانونی به معادن جدید(منابع طبیعی، محیط زیست، سازمان صنایع و معادن و...)
عدم برخورداری از بازارهای متنوع
محدودیت‌های بین‌المللی که از یک سو خرید برخی از تجهیزات و دستگاه‌ها را بسیار دشوار نموده است و از طرفی قدرت انتخاب و چانه زنی شرکت را کاهش داده است و درهر صورت باعث افزایش قیمت تمام شده می‌شود
وجود موانع گوناگون اجتماعی ، مالی و حقوقی در برابر طرحهای خصوصی سازی
گسترش بحرانهای اجتماعی ، بدلیل رشد بیکاری و افزایش تورم
ایجاد تنش در روابط ایران با برخی کشورهای صنعتی، توسط نهادهای موازی با وزارت امور خارجه
تغییرات پی در پی مدیریت شرکت و به تبع آن عدم آرامش فکری در تیم مدیریتی

۱۵-۵. تشریح اهداف کلان و تعریف اهداف خرد در نقشه راه صنعت مس کشور

از آنجا که تدوین نقشه راه برای یک صنعت خاص، مستلزم بررسی جامع و کامل صنعت مورد نظر است، پس از تعیین اهداف کلان، مجموعه‌ای از اهداف خرد قابل تعریف است که از طریق اجرای راهکارهای ارائه شده برای این صنعت در کشور، قابل دستیابی است. در این قسمت به تشریح اهداف کلان و تعریف مجموعه‌ای از اهداف خرد و نهایتاً راهکارهای دسته بندی شده جهت رسیدن به این اهداف در سه بازه کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در نقشه راه بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور پرداخته شده است.

در نقشه راه پیشنهادی، تغییرات بالانس مصرف و منابع تامین، وابستگی‌های تغییرات تولید و مصرف، افزایش تاثیرات زیست محیطی، کاهش مصرف انرژی و محدوده‌ی مجاز تولید با درآمد قابل قبول برای سهامداران مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱۵-۵-۱. پایین آوردن هزینه به ازای تولید

تولید کنندگان مس دائماً به دنبال رسیدن به افزایش راندمان هستند و از فاکتورهای مهم برای آنها پایین

آوردن هزینه به ازای تولید می‌باشد. اهداف خرد در این بخش بر پایه شناسایی و تأمین نیازهای موجود که صنعت مس با آن مواجه است، تدوین شده است.

در این قسمت به ارائه اهداف خرد در زمینه‌های معرفی شده و راهکارهای موثر جهت رسیدن به این اهداف پرداخته می‌شود.

لازم به ذکر است که این جدول و سایر جدولهای مشابه، عنوان ستونها مطابق توضیحات زیر است:

اهداف خرد؛ در این ستون کلیه اهداف خرد مطابق با نیازهای صنعت مس در حوزه های مختلف بر اساس مطالعات صورت گرفته در این پروژه، تکمیل می‌شود.

نقشه راه بهینه سازی انرژی ایران؛ در این ستون بخشی از نیازهای مذکور که برای نقشه راه بهینه سازی انرژی صنعت مس کشور ایران پیشنهاد می شود، مشخص شده است.

فنی؛ در این ستون بخشی از نیازها که تأمین آن مبتنی بر تکنولوژی و مسائل فنی است، متمایز شده است.

مدیریتی؛ در این ستون بخشی از نیازها که تأمین آنها ارتباطی با تکنولوژی و مسائل فنی ندارد و صرفاً مرتبط با روشها، رویه ها و سیاستهای مدیریتی موجود در سطح کارخانه یا کل صنعت مس است، متمایز شده است.

ستون اولویت در ایران؛ در این ستون اولویت اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به هریک از اهداف مذکور برای کشور ایران در قالب اولویتهای ۱، ۲ و ۳ مشخص شده است. لازم به ذکر است که اولویت تعیین شده بر اساس توضیحات مربوط به بخشهای پیشین پروژه نظیر زمان بازگشت سرمایه و هزینه اجرای طرحها است.

اهداف خرد تعریف شده در این بخش در سه حوزه معرفی شده شامل:

حوزه اول: بهبود در سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود

حوزه دوم: توسعه تکنولوژیهای موجود

حوزه سوم: تکنولوژی‌های نوین برای کارخانجات جدیدالاحداث

در جدول۱۵-۳ ارائه شده است.

جدول۱۵-۳. تشریح اهداف خرد مربوط به پایین آوردن هزینه به ازای تولید در صنعت مس کشور

پایین آوردن هزینه به ازای تولید	نقشه راه ایران	فنی	مدیریتی	اولویت در ایران
بهبود در سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود				
بهبود هزینه‌های تولید و بهره‌برداری	*	*		۱
بهبود فرآیند و تجهیزات معدن	*	*		۱
کاهش تلفات ناشی از توقفات یا تولید با سرعت کم	*	*		۱
کاهش هزینه های مربوط به تعمیر و نگهداری	*	*	*	۱
بهبود قابلیت برای بیان کمی تأثیر تکنولوژی بر مصرف انرژی و هزینه ها	*	*		۱
به اشتراک‌گذاری دانش	*	*	*	۲

پایین آوردن هزینه به ازای تولید	نقشه راه ایران	فنی	مدیریتی	اولویت در ایران
همکاریهای تکنولوژیکی	*	*	*	۲
ارتقاء منابع انسانی	*	*	*	۲
توسعه تکنولوژیهای موجود				
استخراج محصولات جانبی و بازیافت	*	*		۱
کاهش ضایعات	*	*		۱
بالا بردن راندمان استفاده از آب	*	*		۱
استفاده از تجهیزات با راندمان بالای همزمان تولید و انرژی	*	*		۱
افزایش بازده کارگران با کنترلی و اتوماتیک کردن فرآیند	*	*		۲
جمع‌آوری اتوماتیک اطلاعات و آمار	*	*		۲
یکپارچه سازی سیستم	*	*	*	۲
بازسازی و نوسازی برخی معادن	*	*		۳
تکنولوژی‌های نوین برای کارخانجات جدیدالاحداث				
برنامه‌ریزی برای به کارگیری تکنولوژیهای جدید و مناسب توسط کارخانه‌های جدیدالاحداث	*	*	*	۲
برنامه ریزی جهت کنترل یکپارچه فرآیند در کارخانه های جدیدالاحداث	*	*	*	۲
ارتقاء تکنولوژی و نوآوری در فرایند استخراج بویژه از دیدگاه انرژی	*	*		۳
ارتقاء تکنولوژی و نوآوری در فرایند خردسازی بویژه از دیدگاه انرژی	*	*		۳
ارتقاء تکنولوژی و نوآوری در فرایند جداسازی بویژه از دیدگاه انرژی	*	*		۳
ارتقاء تکنولوژی و نوآوری در فرایند پالایش بویژه از دیدگاه انرژی	*	*		۳
انتخاب معدن موثر	*	*	*	۳

energyenergy.ir

۱۵-۵-۲. رسیدن به بالانس (تعادل) قابل قبول در مسائل اقتصادی، انرژی و زیست محیطی

یکی از فاکتورهای مهم برای سرمایه گذاران بالا بردن سرعت بازگشت سرمایه مورد استفاده است. لازم به ذکر است، در عملکرد سرمایه‌گذاران مسائل اقتصادی تولید مس اغلب اهمیت بیشتری نسبت به مسائل انرژی و محیط زیست دارند. این فاکتورها بیانگر اهمیت چالشها در صنعت هستند و می‌بایست یک حامی انرژی و آب و هوا در تکنولوژی‌های نوین وجود داشته باشد.

جدول۱۵-۴. تشریح اهداف خرد مربوط به بالانس (تعادل) قابل قبول در مسائل اقتصادی، انرژی و زیست محیطی در صنعت مس کشور

بالانس قابل قبول در مسائل اقتصادی، انرژی و زیست محیطی	نقشه راه ایران	فنی	مدیریتی	اولویت در ایران
بهبود در سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود				
پذیرش تکنولوژی تولید دوستدار (موافق با) محیط زیست	*		*	۱
کم کردن تاثیرات مضر زیست محیطی	*	*	*	۱
استفاده از تجهیزات با راندمان بالای همزمان تولید و انرژی	*	*		۱
استقرار استانداردهای زیست محیطی و انرژی	*	*	*	۲
توسعه تکنولوژیهای موجود				
بهره‌برداری از ضایعات و استفاده مجدد از آنها	*	*		۱
افزایش راندمان آب و انرژی های به کار رفته	*	*		۱
تصفیه و استفاده مجدد از آب	*	*		۱
همکاری با عرضه کنندگان صنایع برای کاهش آلاینده ها	*	*	*	۲
تأمین بودجه برای فعالیتهای مربوط به کاهش آلاینده ها	*	*	*	۲
محاسبه واقع بینانه تر آلاینده ها به جای مقدار ماکزیمم تئوری	*	*		۲
تغییر منابع از سوخت مایع به گاز طبیعی و انرژی های نو	*	*		۳
تحلیل و استنباط دوره‌ی عمر	*	*		۳
تکنولوژی‌های نوین برای کارخانجات جدیدالاحداث				
پذیرش تکنولوژی تولید دوستدار (موافق با) محیط زیست	*		*	۱
لزوم به اشتراک گذاشتن اطلاعات تکنولوژی مربوط به محیط زیست و انرژی	*		*	۱
فرآیند مجوز دهی سریع‌تر و سخت‌گیرانه تر از نظر مسائل زیست محیطی و انرژی	*		*	۱
پایه ریزی آیین نامه یکنواخت برای انرژی، ایمنی و محیط زیست	*		*	۲
مبانی قابل پیش بینی و محدوده زمانی معین برای تنظیم آیین نامه های بعدی محیط زیست و انرژی	*		*	۲
ارتباط نزدیک و اعتماد متقابل بین صنایع و تنظیم کنندگان آیین نامه	*		*	۳

۱۵-۵-۳. مدیریت سرمایه‌گذاری در تکنولویهای نوین از دیدگاه انرژی

یکی از راه حلهای مدیریت سرمایه گذاری با هدف ارتقاء تکنولوژی در نظر گرفتن نفع صنعت مس کشور به عنوان یک هد اصلی برای صنایع تولید کننده‌ی مس می‌باشد. رسیدن به اهداف مشخص شده در این بخش به دستیابی به توسعه تکنولوژی‌های نوین در راستای کاهش مصارف انرژی منجر خواهد شد. بر این اساس اهداف استراتژیک صنعت مس کشور بر مبنای فرصتها، تهدیدها، قوتها و ضعفها با رویکرد انرژی در حوزه سرمایه گذاری در تکنولوژیهای نوین در این صنعت تعیین شده است. که نتایج حاصل در جدول۱۵-۵ ارائه شده است.

جدول۱۵-۵. تشریح اهداف خرد مربوط به مدیریت سرمایه‌گذاری در تکنولویهای نوین از دیدگاه انرژی در صنعت مس کشور

مدیریت سرمایه‌گذاری در تکنولویهای نوین از دیدگاه انرژی	نقشه راه ایران	فنی	مدیریتی	اولویت در ایران
بهبود در سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود				
توسعه و یکپارچگی مرکز تحقیقات برای استفاده از R&D	*	*		۱
افزایش اطلاعات و آگاهی	*	*	*	۱
ایجاد و توسعه مراکز تامین مواد اولیه	*	*	*	۱
کسب فن آوری مدیریت ریسک و سرمایه گذاری	*		*	۲
برون سپاری فعالیتهایی که باعث افزایش بهره‌وری نیروی انسانی	*		*	۲
توسعه تکنولوژیهای موجود				
استفاده از مواد شیمیایی جایگزین جهت افزایش بهره‌وری	*	*		۱
استفاده از تکنولوژیهای هوشمندسازی	*	*		۲
استفاده از تکنولوژی بایو(بایولیچینگ)	*	*		۳
استفاده از انرژی های تجدیدپذیر	*	*		۳
تکنولوژی‌های نوین برای کارخانجات جدیدالاحداث				
تکنولوژی پاک و کم هزینه برای کنترل گاز و مواد آلاینده	*	*		۱
اعطای تسهیلات و وامهای کم بهره برای ارتقاء صنعت مس کشور	*		*	۱
اقتصادی کردن فرایند استخراج در معادن با عیار پایین	*	*	*	۲
استفاده از فرایندهای تولید با آب کم	*	*		۲
استفاده از فرایندهای تولید با بهره‌وری انرژی بالا	*	*		۲
الکتروونینگ	*	*		۲

۱۵-۵-۴. دستیابی به منابع قابل اعتماد و بهبود راندمان انرژی

از جمله اهداف تعریف شده در صنعت مس، کاهش مصرف انرژی به ازای تولید بوده که می تواند منتج از اجرای راهکارهای مرتبط با ارتقاء تکنولوژی باشد.

اهدافی که در این مجموعه قرار می گیرد، منتج از وجود نیازهایی است که با قابلیت پیش بینی میزان دسترسی به انرژی و قیمت گذاری آن برای اهداف تجاری ارتباط دارد. علاوه بر این، این مجموعه شامل حداقل کردن هزینه منابع انرژی ضمن حداقل کردن مصرف است و مطابق جدول۱۵-۶ قابل دسته بندی است.

جدول۱۵-۶. تشریح اهداف خرد مربوط به دستیابی به منابع قابل‌اعتماد و بهبود راندمان انرژی در صنعت مس کشور

دستیابی به منابع قابل‌اعتماد و بهبود راندمان انرژی	نقشه راه ایران	فنی	مدیریتی	اولویت در ایران
بهبود در سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود				
استقرار استاندارد مدیریت انرژی	*	*	*	۱
به روز رسانی استاندارد مصرف انرژی در صنعت مس	*	*	*	۱
به ظرفیت رساندن تولید و کاهش توقفات	*	*	*	۱
تدوین برنامه منظم تعمیر و نگهداری تجهیزات فرآیندی	*	*	*	۱
تدوین برنامه منظم تعمیر و نگهداری تأسیسات گرمایش و سرمایشی	*	*	*	۱
استفاده از تجهیزات با راندمان بالای انرژی	*	*		۱
یکپارچه سازی و دردسترس بودن اطلاعات انرژی	*	*	*	۱
محک زنی بین صنایع مس در ایران و جهان	*		*	۱
اشتراک استراتژی مدیریت انرژی	*		*	۲
توسعه تکنولوژیهای موجود				
کاهش تلفات انرژی	*	*		۱
توسعه تکنولوژیهای بازیافت آب	*	*		۱
توسعه تکنولوژیهای بازیافت انرژی	*	*		۱
ارتقاء سیستم اندازه گیری(مانیتورینگ) از دیدگاه انرژی	*	*		۲
ارتقاء دانش شرکتهای ESCO مرتبط با صنایع مس	*	*	*	۲
کاربرد رایانه در صنعت مس	*	*	*	۲
تکنولوژی‌های نوین برای کارخانجات جدیدالاحداث				
مشخص کردن وضعیت آینده برای ایجاد امکان تصمیم گیری توسط صنایع	*		*	۱
نیاز به منبع قابل اعتماد با قیمت قابل قبول	*	*	*	۱
هزینه های پایدار و قابل پیش بینی برای طولانی مدت	*	*	*	۲
افزایش اطلاعات در زمینه قیمتهای رقابتی و مقایسه‌ای در شرایط مختلف	*	*	*	۲

۱۵-۵-۵. منابع انسانی کارآمد، آشنا و متعهد به بهینه سازی انرژی

از اهداف این صنعت کاهش هزینه‌های منابع انسانی و عوامل وابسته است. که با تأمین منابع انسانی خبره انرژی در صنعت مس و آموزش، مشاوره و استقرار مدیریت انرژی برای پرسنل می‌توان به این اهداف نزدیک شد.

این نیازها به نگهداشتن نیروی کار ماهر هم بعنوان کارگر فیزیکی و هم در موقعیتهای فنی تأکید می کند و موارد مرتبط با آن را طبق جدول۱۵-۷ می توان در دو زیر بخش دسته بندی نمود.

- تأمین کارگر
- آموزش

جدول۱۵-۷. تشریح اهداف خرد مربوط به منابع انسانی کارآمد، آشنا و متعهد به بهینه سازی انرژی در صنعت مس کشور

منابع انسانی کارآمد، آشنا و متعهد به بهینه سازی انرژی	نقشه راه ایران	فنی	مدیریتی	اولویت در ایران
تامین نیرو				
نیروی کار قابل اطمینان با توانایی کسب مهارت	*	*		۱
تربیت نیروی کار ماهر آموزش یافته	*	*		۱
تعامل کارگر و مدیریت	*		*	۱
ایجاد انگیزه جهت اقدامات بهینه سازی انرژی در پرسنل(سیستم پاداش و تشویق)	*		*	۲
روابط عمومی گسترده در سطح سازمان	*		*	۲
ایجاد دیدگاه کلی و یکپارچه در بین پرسنل	*	*	*	۲
آموزش				
افزایش و ارتقاء تخصص منابع انسانی با ایجاد بستر آموزش مناسب	*	*		۱
افزایش مهارت دانش آموختگان از طریق کسب تجربه در صنعت مس	*	*		۱
تأمین بودجه برای تأمین زیر ساخت لازم برای آموزش در صنعت مس	*	*	*	۱
آموزش اهمیت و روشهای بهینه سازی مصرف انرژی به پرسنل در سطوح مختلف	*	*		۱
آموزش در جهت استقرار و ارتقاء مدیریت انرژی در صنعت مس	*	*	*	۱
آموزش برای تدارک بازار آزاد	*	*	*	۲
نیاز به بازار آزاد برای قیمت گذاری و قابل اطمینان بودن منابع انرژی	*	*	*	۲
آموزش مدیریت ریسک و سرمایه گذاری	*		*	۲

۱۵-۵-۶. تامین بازار و محصولات

عوامل موثر در بازار جهانی(به طور مثال رشد سریع تقاضای مس در چین، هند، پاکستان) تاثیر قوی در صنعت مس دارد. که دستیابی به بازار، تأمین نیازهای بازار و محصولات از دیدگاه تولید و انرژی و استفاده از تسهیلات جهانی برای اجرای راهکارهای کاهش مصرف انرژی از اهداف مربوط به این حوزه است. که تشریح آن در جدول۱۵-۸ ارائه شده است.

جدول۱۵-۸. تشریح اهداف خرد مربوط به تامین بازار و محصولات در صنعت مس کشور

تامین بازار و محصولات	نقشه راه ایران	فنی	مدیریتی	اولویت در ایران
آگاهی از آینده‌ی تقاضا و معدن	*		*	۱
آگاهی از آینده‌ی تقاضا در صنایع پایین دستی	*		*	۱
پذیرش دوستی با محیط زیست در جهت توسعه پایدار	*		*	۱
ایجاد و توسعه مراکز تامین مواد اولیه	*	*	*	۱
استفاده از طرحهای زیست محیطی در قالب روشهایی نظیر CDM	*	*	*	۲
استفاده از تسهیلات محیط زیست جهانی GEF	*	*	*	۲
استفاده از خدمات شرکت‌های خدمات انرژی ESCO	*	*	*	۲
توسعه براساس تفکر یک تأمین کننده جهانی	*	*	*	۳

۱۵-۶. راهکارهای پیشنهادی برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس ایران و اولویت بندی آنها

همانگونه که قبلاً اشاره گردید، کمیته راهبری نقشه راه مس جهت پاسخ به چالش‌های پیش روی صنعت مس و استفاده از فرصت‌های توسعه تکنولوژی آینده سه حوزه فعالیت را شناسایی کرده است که در این سه حوزه جنبه‌های فنی، مدیریتی، مالی، سرمایه‌گذاری و پایداری در نظر گرفته شده‌اند.

خلاصه نتایج حاصل از مطالعات محک زنی صنعت مس کشور با صنایع مس دنیا در جدول۱۵-۹ ارائه شده است. در این جدول مصرف ویژه انرژی صنایع مس دنیا در هریک از واحدهای فرایندی تولید مس از کانی تا کنسانتره و از کنسانتره تا مس پالایش شده و در کل فرایند تولید مس (از کانی تا مس پالایش شده) به دو روش پیرومتالورژی و هیدرومتالورژی با متوسط ایران مقایسه شده است.

جدول۱۵-۹. مقایسه مصرف ویژه انرژی واحدهای فرایندی تولید مس کشور از کانی تا کنسانتره با معیارهای جهانی موجود

فرایندهای تولید مس / مصرف ویژه انرژی (GJ/Ton)	از کانی تا کنسانتره		از کنسانتره تا کاتد	پیرومتالورژی	هیدرومتالورژی
	معدن	تغلیظ	ذوب و پالایش		
Best practic	5.1	4.6	11.3	21	10.5
متوسط جهانی	5.4	5.9	16.3	27.6*	20
متوسط ایران	6.85	11.39*	21.12	39.36	18.3
پتانسیل صرفه جویی نسبت به متوسط جهان	1.45	5.5	4.82	11	1.7

*. مصرف ویژه جداسازی و پالایش مولیبدن کسر شده است.

نتایج حاکی از آن است که عمده پتانسیل صرفه جویی مربوط به تغلیظ و ذوب وپالایش می باشد.

۱۵-۶-۱. اقدامات اصلاحی در حوزه اول

در این بخش از گزارش حاضر مطابق با اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور براساس نیازهای موجود در این صنعت، خلاصه اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف مذکور در حوزه اول(سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود) تعیین شده بر اساس اولویتهای اجرایی مطرح می‌گردد.

جدول۱۵-۱۰. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه‌ی اول برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور

سرمایه‌گذاری برای افزایش راندمان تولید و انرژی و هدایت دارایی‌های موجود		اهداف کلان
		✓ پایین آوردن هزینه به ازای تولید ✓ دستیابی به منابع قابل اعتماد و بهبود راندمان انرژی ✓ رسیدن به بالانس اقتصادی، انرژی و زیست محیطی ✓ مدیریت سرمایه گذاری در تکنولوژیهای نوین
اولویت	اهداف خرد	اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف مورد نظر
۱		✓ افزایش اطلاعات و آگاهی ✓ استفاده از مدیریت دانش در سیستمها و آنالیز االطلاعات ✓ شناخت کمی و کیفی فرایند ✓ شناخت فاکتورهای اقتصادی موثر
۲	یکپارچگی سیستم	✓ یکپارچه سازی و دردسترس بودن اطلاعات انرژی ✓ یکپارچگی مرکز تحقیقات برای استفاده از R&D ✓ سهولت و تقویت تبادل اطلاعات ✓ وجود بانک اطلاعاتی
۳		✓ استفاده از سیستم های کنترلی بهینه سازی زمان ✓ مدلسازی جامع بهینه سازی فرایند تبدیل سنگ به فلز ✓ بهینه کردن سیستم کنترل فرآیند، دینامیک کردن (قابلیت تغییر داشتن) کنترل سیستم و بهینه سازی آن با استفاده از نرم افزارهای پیشرفته بهینه سازی
۱		✓ به ظرفیت رساندن تولید ✓ برنامه ریزی جهت افزایش راندمان ظرفیت ✓ کاهش توقفات ✓ مدیریت مصرف بهینه انرژی ✓ کاهش هزینه های ثابت
۲	بهبود هزینه‌های تولید و بهره برداری	✓ استفاده از قراضه های تمیز ✓ استفاده از قراضه های فشرده یا قراضه‌های خرد شده ✓ استفاده از قراضه‌های پیشگرم شده ✓ کاهش دمای مذاب ✓ ایجاد و توسعه مراکز تامین مواد اولیه ✓ استفاده از جایگزین‌های مناسب برای حمل و نقل مواد ✓ ترویج بکارگیری محرکه‌های کنترل‌دور موتورهای الکتریکی ✓ استفاده کمتر از کامیون‌های معدن
۳		✓ غنی سازی در محل ✓ کسب فنآوری مدیریت ریسک و سرمایه گذاری ✓ کوتاه نمودن پروسه راه‌اندازی واحدها ✓ فرآوری محصولات و بهبود توانایی‌های بهره برداری
۱		✓ تدوین برنامه منظم تعمیر و نگهداری تاسیسات گرمایشی سرمایشی ✓ تدوین برنامه‌منظم تعمیرونگهداری تجهیزات فرایندی ✓ تهیه دستورالعمل تعمیرات تجهیزات تاسیساتی
۲	تعمیر و نگهداری	✓ کاهش تلفات ناشی از توقفات و یا تولید با سرعت کم ✓ کاهش تلفات داخلی الکتروموتور ✓ کاهش توقفات و هزینه های تعمیر و نگهداری ✓ افزایش بازدهی الکتروموتورها با اجرای برنامه تعمیر و نگهداری
۳		✓ تحت نظر گرفتن روند تغییرات کارایی تجهیزات و اطلاع به موقع از تغییر کارایی و تشخیص علت آن با تحلیل روندهای شاخص کارایی و متغیرهای مهم فرآیندی ✓ کنترل فرآیند زمان واقعی کل فرآیند از جمله تعمیر و نگهداری و انرژی

۱		✓ استفاده از تجهیزات با راندمان بالای تولید و انرژی همزمان ✓ ارتقاء سیستم اندازه گیری(مانیتورینگ) از دیدگاه انرژی	✓ عایق بندی تجهیزات حرارتی ✓ به حداقل رساندن تلفات حرارتی دیوارههای کوره ها ✓ تغییر نوع تسمه های موتورها
۲	بهبود فرایند و تجهیزات	✓ کاهش اثرات نامتعادلی ولتاژ با نصب متعادل کنندههای ولتاژ ✓ استفاده از الکترو موتورهای پر بازده ✓ استفاده از جبران کننده های خازنی در صنعت ✓ کلاس بندی الکتروموتورها بر اساس میزان بارگذاری ✓ استفاده از لامپ های متال هالید به جای بخار جیوه ✓ استفاده از بالاستهای الکترونیکی ✓ استفاده از سوخت اکسیژن به جای هوا ✓ ترویج بکارگیری محرکه های کنترل دور توان موتورهای الکتریکی	✓ بررسی ضریب بار ✓ بررسی ضریب قدرت ✓ اجرای مدیریت ✓ بهبود کیفیت توان ✓ ولتاژ مناسب شبکه ✓ تقارن الکتریکی سه فاز ✓ استفاده از پمپ های گردشی ✓ بهینه سازی مصرف انرژی بلوئرها ✓ کاهش آلایندهها به ازای افزایش ظرفیت تولید
۳		✓ افزایش اتوماسیون و استفاده از تکنولوژی رباتیک در فرآیند انتقال مواد در معدن ✓ استفاده از تجهیزات هوشمند برای معادن روباز و زیرزمینی ✓ استفاده از لامپهای فلورسنت قطر کم(T8)	✓ فنآوری استخراج کالکوپریت با راندمان بازیابی بیش از ۸۰٪ در کل فرآیند لیچینگ ✓ بازیافت حرارت در چیلر جذبی ✓ بهینه سازی شرایط احتراق تجهیزات حرارتی ✓ پیشگرمایش هوای احتراق در تجهیزات حرارتی
۱	استانداردسازی	✓ استقرار استانداردهای مدیریت انرژی ✓ استقرار استاندارد ISO 17020 در اداره بازرسی ✓ استقرار استانداردهای زیست محیطی ✓ یکسان سازی ضوابط و مقررات معدنکاری	✓ استقرار استانداردISO17025 در آزمایشگاه کالیبراسیون ✓ رعایت استانداردهای توسعه و نصب شبکههای توزیع جهت کاهش نامتعادلی ولتاژ ✓ ایجاد مقررات معدنکاری سازگار با استانداردهای بین المللی واستانداردهای محیط زیست
۱	به اشتراک گذاری دانش	✓ ایجاد پایگاه داده و وب سایت برای به اشتراکگذاری دانش و ایجاد بستر دسترسی غیر رقابتی	✓ محک زنی بین صنایع ✓ Best practice
۲		✓ اشتراک استراتژی مدیریت انرژی ✓ اشتراک پروژه های بهبود و نتایج حاصله	✓ به اشتراکگذاری مسائل کارشناسی ازجمله مدیریتمواد باطله ✓ ایجاد مراکز پیش بینی و انتقال تکنولوژی
۳		✓ توسعه و گسترش منابع اینترنتی متن باز ✓ نیروی کار مجازی ✓	✓ به اشتراک گذاری اطلاعات در شرایط بحرانی کاربرد مواد در طراحی و ساخت کارخانه تولید مس (به عنوان مثال مقاومت در برابر سایش و خوردگی)
۱	همکاریهای تکنولوژیکی	✓ جمعبندی و همخوانی تکنولوژیهای موجود در صنعت ✓ برون سپاری فعالیتها جهت افزایش بهرهوری	✓ استفاده از یافتههای R&D ✓ ایجاد بانک اطلاعاتی در مورد اقدامات اصلاحی در دسترس
۲		✓ ایجاد انجمن تحقیقاتی مس	✓ ارتباط داشتن فعالیتهای R&D با دیگر شاخههای صنایع مرتبط برای کمک به شناسایی فرصتهای بهبود
۳		✓ پذیرفتن ریسک سرمایهگذاری برای استراتژیهای خاص با هدف ارتقاء تکنولوژی	✓ خصوصی سازی مختلط
۲	ارتقاء منابع انسانی	✓ ایجاد انگیزه برای یافتن فرصتهای شغلی بالاتر ✓ ایجاد دیدگاه کلی و یکپارچه در رده بندیهای مختلف	✓ ایجاد روابط عمومی گسترده در سطح سازمان ✓ ارتقاء مهارتهای کارکنان صنعت مس کشور از طریق آموزش

۱۵-۶-۲. اقدامات اصلاحی در حوزه دوم

در این بخش مطابق با اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور براساس نیازهای موجود در این صنعت، خلاصه اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف مذکور در حوزه دوم(توسعه تکنولوژیهای موجود) تعیین شده بر اساس اولویتهای اجرایی مطرح می‌گردد.

جدول۱۵-۱۱. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه دوم برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور

توسعه‌ی تکنولوژیهای موجود

اهداف کلان

- ✓ پایین آوردن هزینه به ازای تولید
- ✓ دستیابی به منابع قابل اعتماد و بهبود راندمان انرژی
- ✓ رسیدن به بالانس اقتصادی، انرژی و زیست محیطی
- ✓ مدیریت سرمایه گذاری در تکنولوژیهای نوین

اولویت	اهداف خرد	اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف مورد نظر	
۱	یکپارچکی سیستم	✓ توسعه‌ی معیارها (شاخصها)ی معنی‌دار ✓ جمع آوری اتوماتیک اطلاعات و آمار	✓ یکپارچه سازی آنالیز ریسک ✓ کاربرد رایانه در صنعت مس
۲		✓ روشهای کمی آنالیز طول عمر تجهیزات	✓ استفاده از تکنولوژیهای هوشمندسازی
۳		✓ مدل‌های یکپارچه مناسب برای ارزیابی راندمان ✓ شناسایی گلوگاهها در این دسته مدل‌ها ✓ اثبات تجربی مدل با استفاده از اجرایی‌کردن نمونه‌اولیه براساس داده‌های‌ثبت‌شده قبلی ✓ توسعه نمونه اولیه، مدل یکپارچه و جامع(شبکه) آماده برای تست	✓ اولویت بندی طرحهای توسعه برای یکپارچه‌سازی مدل ✓ تست مدل کارا در چند سایت (احتمالا سایت مورد بررسی سایت اصلی مادر بوده برای مدل‌های کنترل فرآیند به صورت آنلاین (زمان واقعی)) ✓ تکمیل مطالعه دوره‌ای بر روی مدل‌های جدید ✓ ارتقاء مدل موفق تجربی با حمایت(جذب) شرکتها
	بهبود هزینه های تولید	✓ بازسازی و نوسازی برخی معادن ✓ تامین بودجه برای طرحهای بهینه سازی انرژی	✓ استفاده از تسهیلات موجود برای طرحهای زیست محیطی ✓ ایجاد بستر مناسب جهت استفاده از فرصت‌های جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی
۱	بهبود فرایند و تجهیزات	✓ ارتقاء سیستم اندازه گیری از دیدگاه انرژی ✓ کاهش تلفات انرژی ✓ شناسایی گلوگاهها و برنامه ریزی برای رفع آنها	✓ توسعه تکنولوژیهای بازیافت انرژی ✓ بازیافت انرژی از حرارت‌های با ارزش پایین ✓ پیشبرد فعالیتهای R&D
۲		✓ تغییر منابع از سوخت مایع به گازطبیعی	✓ استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر
۳		✓ استفاده از مواد شیمیایی جایگزین	✓ استفاده از تکنولوژی بایو
۱	آب	✓ بالابردن راندمان استفاده از آب ✓ بازیافت آب از باطله‌ها ✓ اندازه گیری و مدیریت مصرف آب ✓ مطمئن بودن کنترل پمپها	✓ استفاده‌از تجهیزات جداسازی‌آب باراندمان‌بالا ✓ مشخص بودن میزان تلفات آب ✓ پمپ‌کردن جریان‌هایی با ذرات جامد بالا با انرژی‌وهزینه کم
۲		✓ تکنولوژی‌های خشک ✓ تکنولوژی آب زدایی در اشل بالا ✓ به حداقل رساندن تلفات (به عنوان مثال، به حداقل رساندن تبخیر و ...)	✓ نوآوری در تصفیه فاضلاب ✓ بهبود تیکنرها ✓ فعال کننده‌های سطحی ✓ مباحث خوردگی

۳		✓ استفاده از آب نمک ✓ نمک زدایی با هزینه پایین ✓ بررسی فنی و اقتصادی بر فرایندهای تصفیه آب (نمک زدایی و دیگر روشها) ✓ شناخت و آگاهی بالا از تاثیر کیفیت آب در فرآیند ✓ یکپارچه سازی و مدلسازی بالانس آب فرایند	✓ روش‌های استخراج بهتر ✓ روش‌های بهتر بازیابی آب ✓ تاثیر کیفیت آب در شیمی فرایند و ساختار مواد ✓ وجود روشهای جایگزین ✓ بررسی و تعیین میزان آب مورد نیاز عملیات ✓ رعایت استانداردهای جهانی
۱	محصولات جانبی و ضایعات	✓ بازیافت محصولات جانبی ✓ تبدیل ضایعات به محصولات	✓ بازیافت محصولات جانبی از محلول غنی و ضایعات غیرقابل انبار
۲		✓ استفاده از محصولات جانبی حاصل از باطله‌ها ✓ دفع ضایعات	✓ پیش تغلیظ برای جذب ضایعات از دیگر فرآیندها
۳		✓ یکی شدن مدل‌های شیمی و ژئوشیمیایی با هیدرولوژی برای به حداقل رساندن ضایعات اسیدی	✓ رزین تعویض یونی انتخابی برای حذف ناخالصی‌ها
۲	ارتقاء منابع انسانی	✓ افزایش بازده کارکنان با کنترلی و اتوماتیک کردن فرایند	✓ تعدیل تدریجی نیروی انسانی غیر ماهر ✓ استخدام نیروی کارآمد، مطلع و جوان

۱۵-۶-۳. اقدامات اصلاحی در حوزه سوم

خلاصه اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور براساس نیازهای موجود در این صنعت در حوزه سوم(تکنولوژیهای جدید و ارتقاء تکنولوژی) مربوط به کارخانجات جدیدالاحداث بر اساس اولویتهای اجرایی در جدول۱۵-۱۲ ارائه شده است.

جدول۱۵-۱۲. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه سوم برای رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور

تکنولوژی‌های جدید و ارتقاء تکنولوژی		اهداف کلان	
		✓ پایین آوردن هزینه به ازای تولید ✓ دستیابی به منابع قابل اعتماد و بهبود راندمان انرژی	✓ رسیدن به بالانس اقتصادی، انرژی و زیست محیطی ✓ مدیریت سرمایه گذاری در تکنولوژیهای نوین
اولویت	اهداف خرد	اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف مورد نظر	
۱	افزایش اطلاعات و آگاهی	✓ ارتقاء اطلاعات و آگاهی از تشکیلات معدن ✓ مشخص کردن وضعیت آینده برای ایجاد امکان تصمیم گیری توسط صنایع ✓ آنالیز تمام روغن‌های پایین دستی مورد استفاده ✓ افزایش اطلاعات در زمینه قیمتهای رقابتی و مقایسه‌ای در شرایط مختلف	✓ تشریح روش‌های کاربردی بهینه سازی فرآیند معدن ✓ کاربرد روش‌های مشخص برای بهینه سازی طرح ریزی معدن ✓ مشخص کردن مصارف انرژی به تفکیک مراحل از معدن تا فلز مس
۲		✓ ایجاد مراکز پیش بینی و انتقال تکنولوژی ✓ یافتن روش تعیین سایز بهینه ذرات برای جداسازی و ته نشینی	✓ فراهم کردن ابزاری قابل اعتماد در تصمیم‌گیری‌های کلان شرکت با توجه به حد استخراج روباز و زیر زمینی معادن

۳		✓ ارائه مسیری روشن و برنامه‌ای مدون جهت هدایت فعالیت‌های اکتشافی با در نظر گرفتن کاهش احتمال کشف معادن بزرگ ✓ بهینه سازی تکنولوژی لرزه‌نگاری سه بعدی در صخره‌های سخت	✓ ارائه مسیری روشن و برنامه‌ای مدون جهت هدایت فعالیت‌های اکتشافی با در نظر گرفتن کاهش احتمال کشف معادن با عیار بالا ✓ تصاویر لرزه‌نگاری کوچک و چهاربعدی
	تکنولوژیهای نوین	✓ نزدیک بودن معدن و فرآیند غنی‌سازی ✓ بیولیچینگ و مواد شیمیایی جایگزین ✓ استخراج با باکتری ✓ استفاده از مخلوط آمونیاک و کربنات آمونیوم جهت انحلال کنسانتره کالکوپیریت به دلایل سمیت پایین، هزینه کم، قابلین بازیافت آسان ✓ استخراج مس به روش متالورژی	✓ بکارگیری روش کارآمد و استخراج به سطح ✓ بهره‌وری از ذرات نانو، بیو برای خردسازی ✓ تکنولوژی لیچینگ انتخابی ✓ تولید مس از کنسانتره کالکوپیریتی در حضور محلول سولفات آهن با استفاده از لیچینگ اتمسفری ✓ تولید اکسید مس به روش الکترو شیمیایی ✓ استفاده از فن‌آوری نانو در معدن و فرآیند استخراج
۱	معدن	✓ تجزیه و تحلیل مواد ✓ ارتقاء اطلاعات معدن که شناخت خوبی از سنگ معدن بدهد	✓ افزایش دقت استخراج ✓ آموزش برای مدل‌های موجود و استراتژی یکپارچه‌سازی آنها
۲		✓ یافتن سایز بهینه انتقال ذرات ✓ ابزارهای اکتشاف معدن از دیدگاههای اقتصادی و مالی ✓ بهبود طراحی header/cutter ✓ عدم حفاری و سیکل انفجار	✓ اجرای بهینه مطالعات اکتشافی با توجه به کم شدن عیار متوسط مس در معادن ✓ مواد حفاری و سرمته هوشمند ✓ محلهایی با نسبت کالکوپریت به ماسه کمتر
۳		✓ اکتشاف معادن و محصولات جدید ✓ منبع قابل اعتماد با قیمت قابل قبول ✓ فرآیند پیوسته معدن	✓ انتخاب موثر معدن ✓ ارزیابی سریع سنگ معدن و تشخیص روش مناسب ✓ کنترل از راه دور
۱	استخراج	✓ تکنولوژی حفاری با بهره‌وری اقتصادی بیشترکه در طول حفاری با مشخصات سنگ مرتبط است.	✓ ایجاد بستری مناسب جهت اجرای فعالیت‌های اکتشافی با رویکرد حفظ محیط زیست
۲		✓ روش‌هایی برای مینیمم کردن ضایعات و اقدامات پیشگیرانه	
۳		✓ استفاده از دستگاه‌های جدید آنالیز پرتابل که قابلیت کارکرد در محیط‌های صحرایی را داشته باشند	✓ استفاده از تکنولوژیهای نوین
۱	خردسازی	✓ هوشمندسازی خرد کردن ✓ خردسازی خشک کارآمد ✓ بهبود و ارتقاء راندمان سیستم‌های موجود و فعال کردن‌خوردگی فرایندهای جدید ✓ تناسب سنگ شکن با سنگ	✓ کاهش انرژی یا کاهش سایز ذرات کالکوپریت ✓ استفاده از مواد و پوشش‌های بهتر جهت جلوگیری از ✓ بهبود دسته بندی ذرات به منظور کاهش بازیافت ✓ تجزیه و تحلیل رئولوژی مواد قبل از پودر کردن آنها
۲		✓ مدلسازی فرایند برای بهبود طراحی و کنترل ماشین آلات خردسازی و قابلیت نظارت بر خردسازی در طول عملیات	✓ مدل سازی چگونگی و میزان شکست ذرات ✓ مدل پیش بینی کننده شکست ذرات ✓ شکست انتخابی مینرال‌ها
۳		✓ ارزیابی و ارتقاء کیفیت ماشین آلات قراضه ✓ توسعه مفهوم نظام خردسازی هوشمند جهت تعیین میزان تناسب قطعات با همدیگر	✓ استفاده از تکنولوژیهای نوین ✓ کاربرد شیوه‌های جدیدی از شکستن سنگ (به عنوان مثال، مایکروویو، پالس الکتریکی)
۱	جداسازی	✓ بهبود جداسازی خشک ✓ روشهایی برپایه شناسایی مواد، آنالیز و جداسازی ✓ استفاده از هوا با کیفیت پایین	✓ مشخص کردن آنلاین قابلیت شناورر شدن ✓ استفاده از سل‌های فلوتاسیون باراندمان بالا ✓ بهبود طبقه بندی ذرات ریز
۲		✓ توسعه روش استخراج با حلال	✓ کنترل برهم کنش‌ها

energyenergy.ir

۳		✓ ارتقاء موادشیمیایی با انتخاب پذیری بالاتر	✓ استفاده از مواد شیمیایی جایگزین
۱	ذوب و پالایش	✓ کاهش انرژی مصرفی الکترووینگ (بهبود طراحی شین اصلی(باس بار)) ✓ بهبود انتخاب پذیری ✓ فرآیند ذوب بدون آلودگی محیط	✓ تعیین مشخصات کاتد به صورت آنلاین ✓ اکسی فیول کردن کوره‌های ذوب ✓ ذوب کنسانتره مس بطور مستقیم در کنوترهای پیرس – اسمیت
۲		✓ تولید کاتد با کیفیت بالا از طریق استفاده از آندهای آلیاژ سرب مستحکم ✓ استفاده از سیستم‌های مخزن با محلول الکترولیت چرخشی برای رسیدن به کاتد خوب ✓ الکترووینگ مستقیم از محصول	✓ افزایش بهروری با افزایش دانسیته جریان و کاهش زمان افت سلول ✓ تولید مس کاتدی از غبار کوره های ذوب ✓ جمع آوری و امحای روغن‌های آسکارل ✓ تولید مس کاتدی از خاک های اکسیدی کم عیار
۳		✓ شبیه سازی مدل برای الکترووینگ بهینه ✓ جایگزینی کوره های ریورب با کوره های ذوب فلش	✓ استفاده از آندهای جایگزین و یا تغییر واکنش آند ✓ استفاده از آند با over voltage کمتر

۱۵-۶-۴. اقدامات اصلاحی در حوزه تامین بازار و محصولات

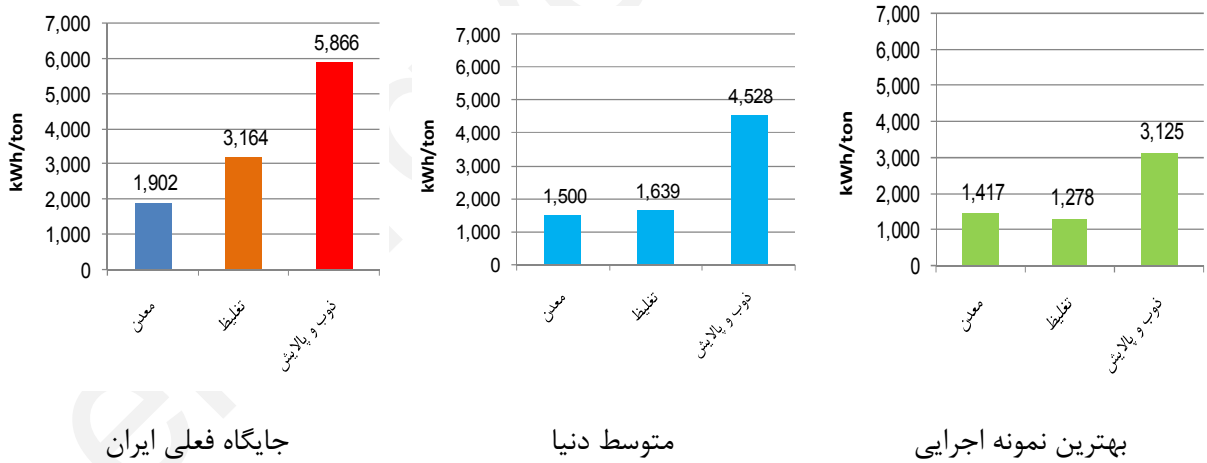
خلاصه اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف تعیین شده در نقشه راه صنعت مس کشور براساس نیازهای موجود در این صنعت در حوزه تامین بازار و محصولات بر اساس اولویتهای اجرایی در جدول۱۵-۱۳ ارائه شده است.

جدول۱۵-۱۳. اقدامات اصلاحی و اولویت بندی آنها در حوزه تامین بازار و محصولات در نقشه راه بهینه سازی انرژی صنعت مس کشور

تامین بازار	اهداف کلان	
	✓ تامین بازار و محصولات	
اولویت	اقدامات اصلاحی جهت رسیدن به اهداف مورد نظر	
۱	✓ بهبود تواناییهای ارتباطی شرکت ✓ توجه به بازاریابی استراتژیک ✓ آگاهی از آینده‌ی تقاضا در صنایع پایین دستی ✓ فروش کالاهای مازاد	✓ ، دسترسی به مواد اولیه ✓ دستیابی به منابع انرژی پایدار و قابل اعتماد. ✓ ایجاد و توسعه مراکز تامین مواد اولیه ✓ جذب و نگه داشتن مشتری
۲	✓ افزایش اطلاعات در زمینه قیمتهای رقابتی و مقایسه‌ای در شرایط مختلف ✓ ایجاد بستر مناسب جهت استفاده از فرصت‌های جذب سرمایه‌های داخلی و خارجی ✓ ارتقای مهارت فروش و بازاریابی برای بازارهای داخلی و خارجی ✓ پذیرش دوستی با محیط زیست در جهت توسعه پایدار ✓ هزینه های پایدار و قابل پیش بینی برای طولانی مدت	✓ ارتقاء اطلاعات در مورد کنش و واکنش رقبا برای جذب مشتری ✓ فضا سازی جهت جذب سرمایه گذاری خارجی و داخلی ✓ استفاده از طرحهای زیست محیطی در قالب روشهایی نظیر CDM ✓ استفاده از تسهیلات محیط زیست جهانی GEF ✓ استفاده از خدمات شرکت‌های خدمات انرژی ESCO
۳	✓ رها سازی برخی داراییها ✓ استراتژی گزینش در قبال سرمایه گذاری خارجی	✓ ورود به بازارهای جدید

در نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور ابتدا با مطالعه بر روی صنعت مس کشور میزان مصرف انرژی در مراحل مختلف تولید مس کشور را مشخص می نماییم سپس با توجه به میزان تولید مس می توان جایگاه فعلی ایران، متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی در دنیا از لحاظ مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس را مشخص کنیم(شکل۱۵-۱ و شکل۱۵-۲). سپس با مقایسه مصرف ویژه انرژی در صنعت مس کشور با دنیا می توانیم میزان پتانسیل های قابل صرفه جویی را مشخص کنیم.

شکل۱۵-۱. میزان مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس در ایران، متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا برحسب GJ/ton



شکل۱۵-۲. میزان مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس در ایران، متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی دنیا برحسبkWh/ton

با مقایسه مصرف ویژه انرژی در صنعت مس کشور با دنیا می توانیم میزان پتانسیل های قابل صرفه جویی را مشخص کنیم و با اعمال اقدامات اصلاحی به ترتیب اولویت می توان میزان مصرف ویژه انرژی در صنعت مس کشور را بهبود ببخشیم.

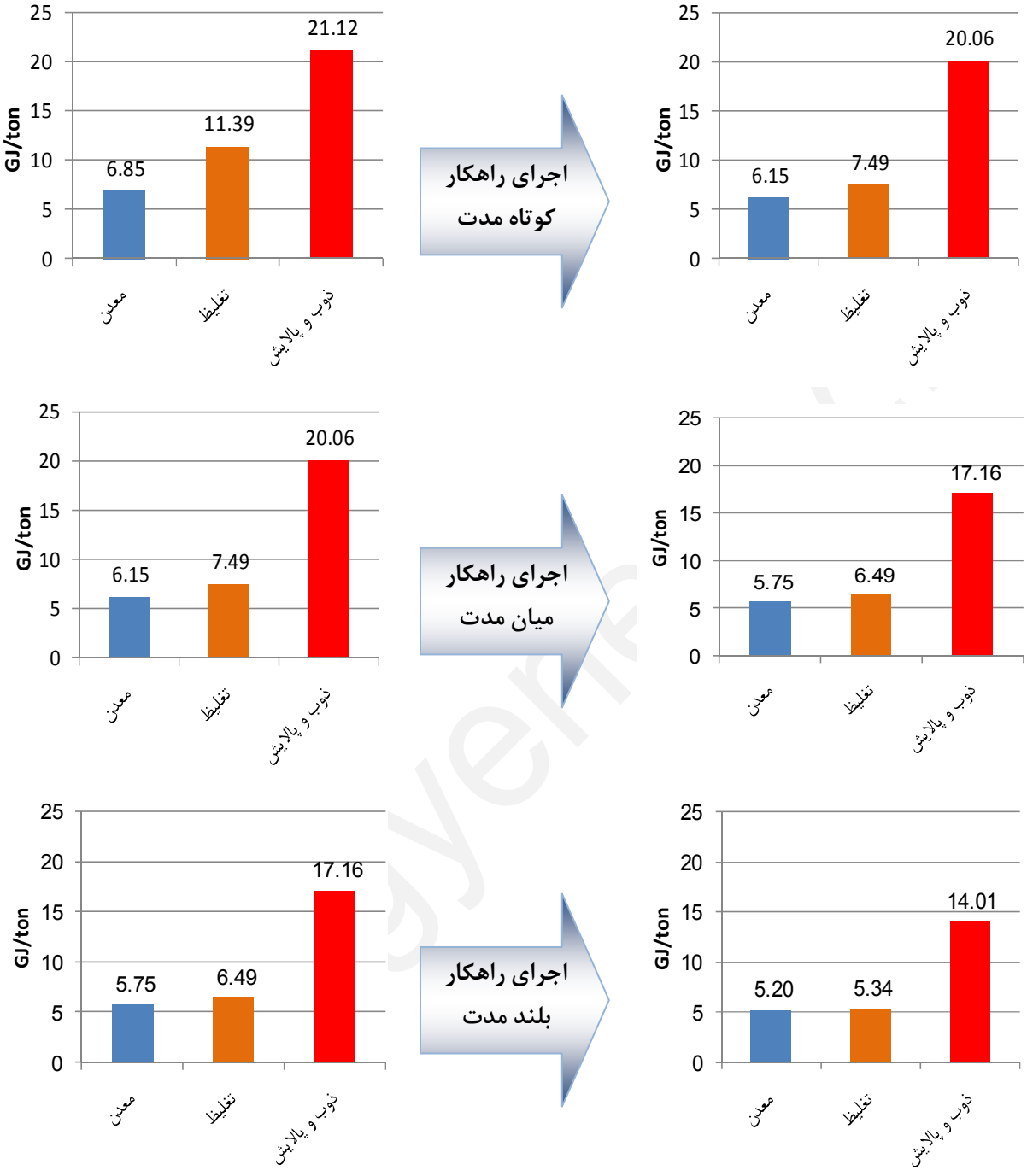
به طور کلی راهکارهای موجود برای بهینه‌سازی مصرف انرژی را می‌توان به راهکارهای مدیریتی و راهکارهای

فنی دسته‌بندی کرد. راهکارهای مدیریتی راهکارهای بی هزینه بوده و راهکارهای فنی همان طور که در فصول قبلی شرح داده شد، به سه دسته بی هزینه، کم هزینه و پرهزینه تقسیم می شوند.

با توجه به نوع راهکارهای مورد استفاده جهت کاهش مصرف انرژی، این راهکارها متناسب با مدت زمان بازگشت سرمایه و نوع راهکار به سه دسته کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت طبقه‌بندی می‌شوند.

پس می توان با اجرای راهکارها و اقدامات اصلاحی بیان شده در واحدهای مختلف تولید مس به میزان مصرف ویژه انرژی تولید مس در متوسط دنیا و حتی به بهترین نمونه های اجرایی جهان نزدیک شد که این نکته اجرای راهکارها را از لحاظ بهینه سازی مصرف انرژی همانطور که در شکل۱۵-۳ مشاهده می شود تایید می‌کند.

energyenergy.ir



شکل۱۵-۳. میزان مصرف ویژه انرژی در واحدهای معدن، تغلیظ، ذوب و پالایش کشوردر جایگاه فعلی و بعد از اجرای راهکارهای کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت

۱۵-۷. جمع‌بندی اقدامات اصلاحی پیش بینی شده در زنجیره تولید مس

در این بخش، جمع‌بندی اقدامات اصلاحی پیش بینی شده در زنجیره تولید مس در سه حوزه فعالیت تعریف شده به طور خلاصه در شکل۱۵-۴ ارائه شده است.

شکل۱۵-۴. نگاهی گذرا(مروری) بر نقشه راه

مراجع

[۱] W.G.davenport,M. King, M. Schlesinger, A. K. Biswas, Extractive Metallurgy of Copper, Forth Edition, Elsevier Science Ltd, 2002

[۲] http://www.nicico.com

[۳] فرجی، ح.، فنون استخراج مس، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۱

[۴] تحلیل های بنیادین شرکت کارگزاری آینده نگر خوارزمی، بهمن۱۳۹۲

[۵] Copper Conference 2010, 2010 Diego Hernandez, Metal Bulletin

[۶] AP 42 Section 12.3, Fifth Edition, Volume I, U.S. Environmental Protection Agency,1986

[۷] Copper Smelting, Pollution Prevention and Abatement Handbook, 1998

[۸] Andrzej Warczok, Gabriel Riveros, Energy efficiency in batch- Continuous and One-Step Copper Pyrometallurgical Processes,

[۹] , Outokumpu Flash Smelting Technologywww.outokumpu.ru

[۱۰] Mitsubishi brochure

[۱۱] D. P. Giurco, M. Stewart and J. G. Petrie, Decision making to support sustainability in the copper industry: technology selection, 6th world congress of Chemical Engineering, Melbourne, 2001

[۱۲] کتاب برنامه راهبردی صنعت، معدن و تجارت، مولفین: سید رضا فاطمی امین و همکاران، چاپ اول ۱۳۹۲

[۱۳] سایت خبری توانیرhttp://news.tavanir.org.ir/

[۱۴] مجله اینترنتی علمی پژوهشی عصر مس http://asremesonline.ir/

[۱۵] گزارش بررسی و ارزش گذاری شرکت ملی صنایع مس ایران بهار سال ۱۳۸۹

[۱۶] غلامعلی رحیمی، فاضله خادم، محمد نبی شهیکی تابش، برآورد تابع تقاضای حامل های انرژی در صنایع انرژی بر ایران، فصلنامه ی اقتصاد ایران، مرداد ۱۳۹۳

[۱۷] تحلیل اجمالی استراتژی تولید و توسعه صنایع ملی مس ایران، تابستان ۱۳۹۱

[۱۸] مرکز خبری اقتصاد ایرانwww.econews.ir

[۱۹] تحلیل بنیادین شرکت کارگزاری رضوی، بهار ۱۳۹۱

[۲۰] آزمون گستران انرژی، انجمن تخصصی مراکز تحقیق و توسعه صنایع و معادن

[۲۱] United States Geological Survey (USGS) (2006a), Aluminium. 2005 Minerals Handbook.

[۲۲] پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور

www.ngdir.ir

[۲۳] اتحلیل جامع صنعت مس شرکت مشاور سرمایه گذاری ابن سینا مدبر، مهر ۱۳۹۳

[۲۴] تحلیل بنیادی مس ملی ایران شرکت کارگزاری آفتاب درخشان خاورمیانه، آبان ۱۳۹۱

[۲۵] تحلیل شرکت کارگزاری بانک صادرات

[۲۶] سازمان زمین شناسی امریکا

[۲۷] دیدگاه مورگان استنلی، دنیای اقتصاد، بهمن ۱۳۹۳

[۲۸] "Copper Smelting", Pollution Prevention and Abatement Handbook, 1998

[۲۹] Andrzej Warczok, Gabriel Riveros, "Energy efficiency in batch- Continuous and One-Step Copper Pyrometallurgical Processes"

[۳۰] Copper Production", French-German in "Report on Best Available Techniques (BAT) Institute for Environmental Research, 1999

[۳۱] Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2001

[۳۲] Ilkka V. Kojo1, Hannes Storch, "COPPER PRODUCTION WITH OUTOKUMPU FLASH SMELTING:AN UPDATE", Sohn International Symposium ADVANCED PROCESSING OF METALS AND MATERIALS VOLUME 8 - INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SULFIDE SMELTING, 2006

[۳۳] brochure Mitsubishi

[۳۴] D. P. Giurco, M. Stewart and J. G. Petrie, "Decision making to support sustainability in industry: technology selection", 6th World Congress of Chemical the copper Engineering Melbourne, Australia 23-27 September 2001

[۳۵] ICSG SECRETARIAT BRIEFING PAPER, ZAMBIA COUNTRY PROFILE

[۳۶] AKADA AKIHIKO,"EFFECTIVE ENERGY UTILIZATION ON JAPANESE COPPER SUMITOMO METAL MINING Co. Ltd., Japan, 2004 SMELTERS",

[۳۷] Copper Conference 2010, 2010 Diego Hernandez, Metal Bulletin

[۳۸] GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN & Sarita Pimentel, "ENERGY CONSUMPTION THE CHILEAN COPPER INDUSTRY 2001 – 2008" ICSG/ILZSG/INSG Energy/Climate Change Seminar, Lisbon, April 2009

[۳۹] www.codelco.cl

[۴۰] http://www.mining-technology.com/projects/grasbergopenpit/

[۴۱] David Vargas N., "Chile: The Copper Mining Country & The Clean Development Mechanism Opportunities,

[۴۲] www.smm.co.ip

[۴۳] Yusheng Li," Chinese Copper Market and Industry -Current Status and Prospect", Beijing Antaike Information Development Co., Ltd, Lisbon, 2008

[۴۴] www.jcc.com

[۴۵] http://en.wikipedia.org

[۴۶] "Report on the Environmental Benefits of Recycling ", Prepared by: Professor Sue Grimes, Professor John Donaldson, Dr Gabriel Cebrian Gomez, Centre for Sustainable Production & Resource Efficiency (CSPRE), Commissioned by the Bureau of International Recycling, Under the project leadership of Roger Brewster, Metal Interests Ltd.,October 2008

[۴۷] "LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS IN THE PRODUCTION OF METALS

USED IN PHOTOVOLTAICS ",Vasilis M. Fthenakis, Hyung Chul Kim and Wenming Wang , March 2007 ,Energy Sciences and Technology Department , Brookhaven National Laboratory

[۴۸] "Industrial Energy Efficiency Policy in China", Lynn Price, Ernst Worrell, Jonathan Sinton, Lawrence Berkeley National Laboratory, Jiang Yun, China Energy Conservation Association

[۴۹] "Environmental Activities Report", Energy Conservation, Energy Consumption, and Related Issues, JX Nippon Mining & Metals Corporation Sustainability Report 2010

[۵۰] "Environmental Report 2010, Principles, Success, Goals: Across Europe", Executive Board Business Unit Primery Copper Group Environmental Protection

[۵۱] "Imposing a unilateral carbon constraint on energy - intensive industries and its impact on their international competitiveness - Data and analysis", Manfred Bergmann , Andreas Schmitz , Mark Hayden , Katri Kosonen, European Commission , Directorate-General for Economic and Financial Affairs , Number 298 –December 2007

[۵۲] "Energy Efficiency and the Demand for Energy Services", Energy and the New Reality , Volume 1,Chapter 6: Industrial Energy Use, L. D. Danny Harvey, Publisher: Earthscan, UK

[۵۳] COPPER, Text taken from Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2001

[۵۴] "INTERNATIONAL ENERGY AGENCY" ,Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions , www.iea.org/w/bookshop/pricing.html

[۵۵] "ENERGY CONSUMPTION OF THE CHILEAN COPPER MINING SECTOR " ,PIMENTEL, SARA ,International and Environmental Affairs Unit ,Chilean Copper Commission, Source Data : National Energy Balance 1979 – 1998 Chile , from the National Energy Commission that Data processed by the Chilean Copper Commission.

[۵۶] "ENERGY CONSUMPTION AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE CHILEAN COPPER MINING INDUSTRY", Events of 2008 , DE/07/09 Chilean Copper Commission, Research and Policy Planning Department

[۵۷] "ENERGY CONSUMPTION & GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE CHILEAN COPPER INDUSTRY" , Sarita Pimentel, Research and Policy Planning Department, Chilean Copper Commission, 2001 –2008, Climate Change Seminar

[۵۸] "Chile: The Copper Mining Country & The Clean Development Mechanism Opportunities", David Vargas N., dvn@infocarbon.com, Source data: www.cochilco.cl

[۵۹] "The implementation of EN 16001 in a Copper Smelter", PROVEN PERFORMANCE SHINING FUTURE, Atlantic Copper, Juan José Pásaro, April 12, 2011

[۶۰] " A STRATEGIC RECONNAISSANCE LEVEL METHODOLOGY FOR ASSESSING POWER SUPPLY ALTERNATIVES FOR NORTHERN MINING", by Harold Rolf Schmitt, B. Sc. The University of British Columbia, 1997

[۶۱] An Energy Policy Tool, UNITED Efficiency Benchmarking Global Industrial Energy November 2010 NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION,

[۶۲] "ENERGY CONSUMPTION COPPER MINING SECTOR IN CHILE1992 -2000", Sarita Pimentel, Research and Policy Planning Division, Chilean Copper Commission

[۶۳] "Copper electrowinningfrom acid mine drainage: a case study from the closed mine “Cerovo”, M.Gorgievski, D.Bozic, V.Stankovic, Thecnical Faculty Bor, University of Belgrade, 19210 Bor, Serbia, April2009

[۶۴] Energy Use in Metal Production, John Rankin, CSIRO, Process science and Engineering, Austrslia

[۶۵] United States Geological Survey (USGS) (2006b), Copper 2004 Minerals Handbook Cox D, Singer D: Mineral Deposit Models, 1992. US Geological Survey, Bulletin 1693. Online under: hhtp://pubs.usgs.gov/bul/b1693/.

[۶۶] گزارشات ماهیانه مجتمع مس نمونه یک

[۶۷] گزارشات ماهیانه مجتمع مس نمونه دو

[۶۸] گزارشات ماهیانه مجتمع مس نمونه چهار

[۶۹] گزارشات ماهیانه کارخانه ذوب نمونه هشت

[۷۰] سایت ایمیدرو

[۷۱] http://www.QuickMBA.com

[۷۲] http://www.NetMBA.com

[۷۳] علی رضا غیاثوند، بررسی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای بخش معدن و صنایع معدنی ایـران و پیشـنهاد راهبردهای توسعه، ۱۳۹۰

[۷۴] فربد مصدقی، بررسی اجمالی صنعت مس ایران، دانشگاه علامه طباطبایی

[۷۵] www.mining –eng.ir

[۷۶] /http://metallurgy.parsiblog.com

[۷۷] نشریه ی رشد، تابستان ۱۳۹۰

[۷۸] روزنامه دنیای اقتصاد، دیماه ۱۳۹۰

[۷۹] مرکز منطقه ای اطلاع رسانی علوم و فناوری

[۸۰] "Copper Concentrate Smelting In Peirce-Smith Converters At Onahama Smelter", By: Toshiyuki Kawai, Michio Nishiwaki and Shosaku Hayashi, Converter and Fire Refining Practices, TMS (The Minerals, Metals & Materials Society) 2005. pp. 119-12

[۸۱] تحقیقات هیدرومتالورژی امور تحقیق و توسعه مجتمع مس نمونه یک

[۸۲] نشریه علمی –پژوهشی (مهندسی معدن)، سال ۱۳۹۲

[۸۳] باشگاه خبرنگاران جوان، گروه علمی پزشکی فن آوری، ۱۳۹۴

[۸۴] نشریه بین المللی علوم مهندسی دانشگاه علم وصنعت ایران، ویژه نامه مهندسی مواد و متالورژی ، ۱۳۸۷

[۸۵] باشگاه خبرنگاران جوان، گروه اقتصادی(صنعت، تجارت و کشاورزی)، ۱۳۹۴

[۸۶] مرجع کاربردی مدیریت انرژی، تدوین مرکز مطالعات تکنولوژی دانشگاه صنعتی شریف، گروه نفت و انرژی با همکاری شرکت توسعه بهره وری انرژی فناوران، ناشر دانشگاه صنعتی شریف، مرکز مطالعات تکنولوژی ۱۳۸۵

[۸۷] Jim Bettinghaus, P.E., Thomas P. Kunes, P.E., John Nicol, P.E., Doug Presny, P.E. , Craig Schepp, Nate Altfeather; " Metal Casting Industry Energy Best Practice Guidebook" ; Focus on Energy, 2006

[۸۸] مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، " معیارها و مشخصات فنی مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در صنایع "

[۸۹] ششمین همایش ملی انرژی-بهینه‌سازی مصرف انرژی

[۹۰] کیفیت توان- تالیف و ترجمه: دکتر سید حسین حسینیان، دکتر عارف درودی

[۹۱] reducing power factor cost, motor.doe.org

[۹۲] determining electric motor load and efficiency,motor.doe.org

[۹۳] GEMCO, International Financial Corporation, "Resource Efficiency in the Ferrous Foundry Industry in Russia : Benchmarking Study", 2011.

[۹۴] www.wikipedia.org, OEE and TEEP

[۹۵] Power factor correction and harmonic filtering in electrical plants : Technical Application Papers – ABB

[۹۶] Standard and cogged V-belts. Source: Dayco CPT, www.cptbelts.com

[۹۷] Michigan Manufacturing Technology Center, Manufacturing Efficiency Decision Support, Case Study - Cog Belts, http://meds.mmtc.org/casestudy.

[۹۸] روشهای مدیریت و صرفه جویی انرژی الکتریکی : گروه مولف حسین بهرامی، محمدعلی شفیع زاده، محمودرضا قهارپور و..

[۹۹] Voltage Unbalance and Motors: pacific gas and electric company

[۱۰۰] Reducing power factor cost, motor.doe.org

[۱۰۱] Determining electric motor load and efficiency, motor.doe.or g

[۱۰۲] Focus on optimizing life time performance on motors “Relof Timmer, Mikko .[Helinko, Ritva Eskola

[۱۰۳] BCS Incorporated, "Advanced Melting Technologies: Energy Saving Concepts and Opportunities for the Metal Casting Industry", Prepared for ITP Metal Casting, November 2005.

[۱۰۴] G. P. Sullivan, R. Pugh, A. P. Melendez, W. D. Hunt; "Operation and Maintenance Best Practices"; Pacific Northwest National Laboratory & US Department of Energy; 2004.

[۱۰۵] R. Keith Mobley; "An Introduction to Predictive Maintenance"; Butterworth-Heinemann; 2nd edition; 2002.

[۱۰۶] Newell, Richard G & et al. (1998). The Induced Innovation Hypothesis and Energy Saving Technological Change, Published in Quarterly Journal of Economics. August: 941-975

[۱۰۷] منظور، داود .(1384) بررسی وضعیت شدت انرژی صنایع کاغذ سازی، چاپ سوم، انتشارات شفق

[۱۰۸] محاسب، علی .(1385) هزینه های انرژی درصنایع کاغذ سازی، چاپ دوم، انتشارات امیر کبیر

[۱۰۹] راهکارهای بهینه سازی مصرف انرژی، معاونت امور انرژی، دی ماه ۱۳۸۱

[۱۱۰] Antrekowitsh H., Wenzl C., "Pyrometallurgical Refining of Copper in an Anode Furnace", Department of Nonferrous Metallurgy, Austria.

[۱۱۱] Soltanieh M., Karimi Y., 2005,"Copper reduction in anode furnaces with natural gas", Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 3, pp. 429-434

[۱۱۲] حاج عبداللهی زهرا،1390 " شبیه سازی جریان گاز طبیعی در کوره های آند مجتمع مس نمونه یک " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر شهر یک، ایران.

[۱۱۳] کتاب بررسی وضعیت فلز مس، نشر دانشگاه امام حسین

[۱۱۴] فصلنامه علمی-پژوهشی علوم زمین، سازمان زمین شناسی، نوشته دکترمحمد قاسم آیت، دکتر جعفر سرقینی و علی مظفری

[۱۱۵] Standard and cogged V-belts. Source: Dayco CPT, www.cptbelts.com

[۱۱۶] **Michigan Manufacturing Technology Center,** Manufacturing Efficiency Decision Support, Case Study - Cog Belts, http://meds.mmtc.org/casestudy.

[۱۱۷] مهندسی روشنایی تالیف دکتر حسن کلهر-آشنایی با اصول طراحی روشنایی تالیف مهندس کاوه احمدیان - کاتولوگ نور صرام

[۱۱۸] مرجع کاربردی مدیریت انرژی، تدوین مرکز مطالعات تکنولوژی دانشگاه صنعتی شریف، گروه نفت و انرژی با همکاری شرکت توسعه بهره‌وری انرژی فناوران، ناشر دانشگاه صنعتی شریف، مرکز مطالعات تکنولوژی ۱۳۸۵

[۱۱۹] علیرضا عرب سلغار، سید حسین منصوری، "مطالعه پارامتریک مصرف سوخت و نشر آلایندهای کوره فلاش مجتمع ذوب مس نمونه هشت"، دومین کنفرانس احتراق ایران، مشهد، بهمن ۱۳۸۶

[۱۲۰] J. P. Holman, "Heat transfer". 8th Edition

[۱۲۱] تحقیقات هیدرومتالورژی امور تحقیق و توسعه مجتمع مس نمونه یک

[۱۲۲] گزارش ممیزی انرژی صنایع مس ایران

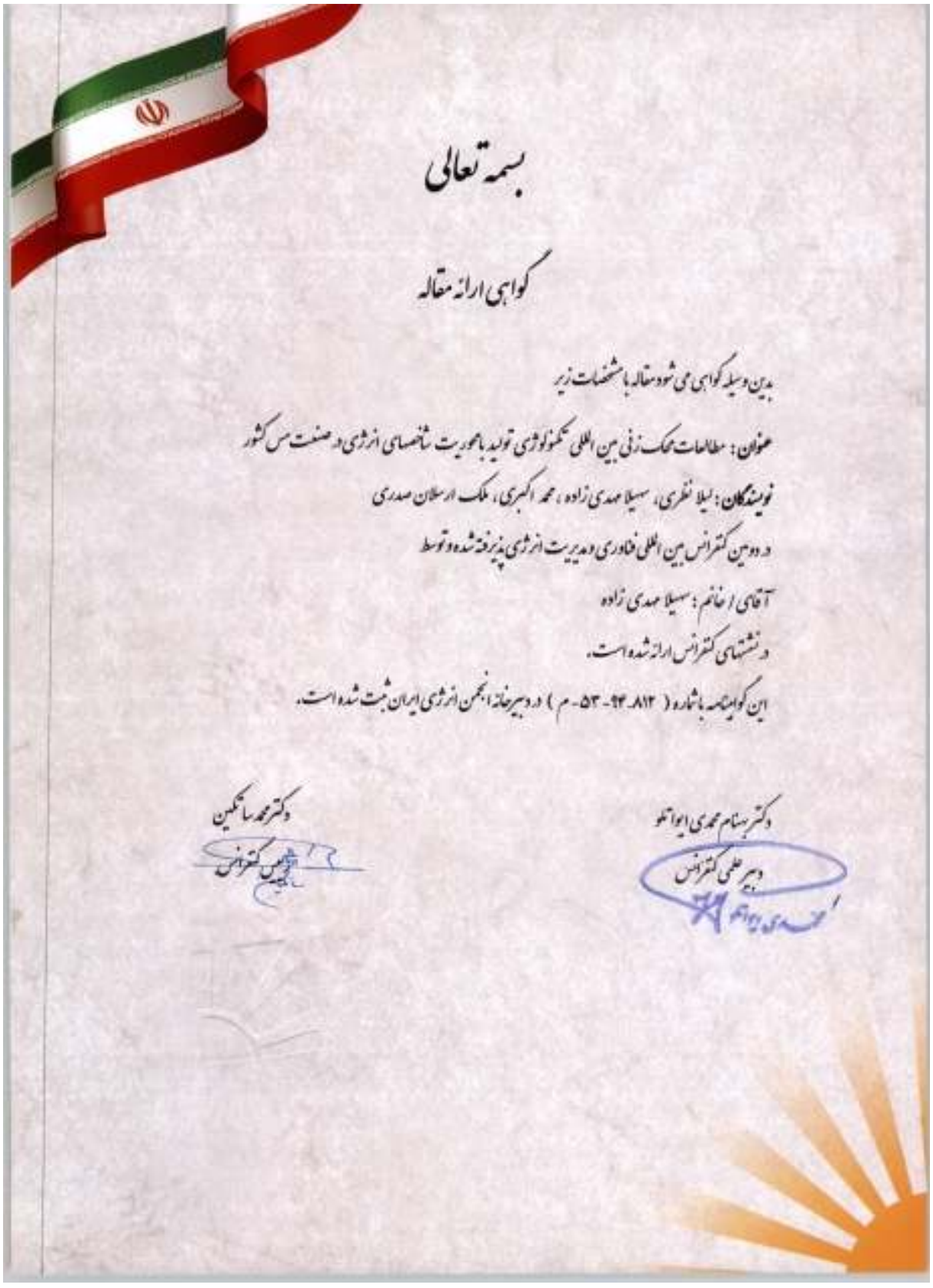
[۱۲۳] سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

[۱۲۴] بولتن ماهنامه بهسامان

پیوست۱

گواهی ارائه مقاله ها

energyenergy.ir



بسمه تعالی

گواهی ارائه مقاله

بدین وسیله گواهی می شود مقاله با مشخصات زیر

عنوان: مطالعات محک زنی بین المللی تکنولوژی تولید با محوریت شاخصهای انرژی در صنعت مس کشور

نویسندگان: لیلا نظری، سهیلا مهدی زاده، محمد اکبری، ملک ارسلان صدری

در دومین کنفرانس بین المللی فناوری و مدیریت انرژی پذیرفته شده و توسط

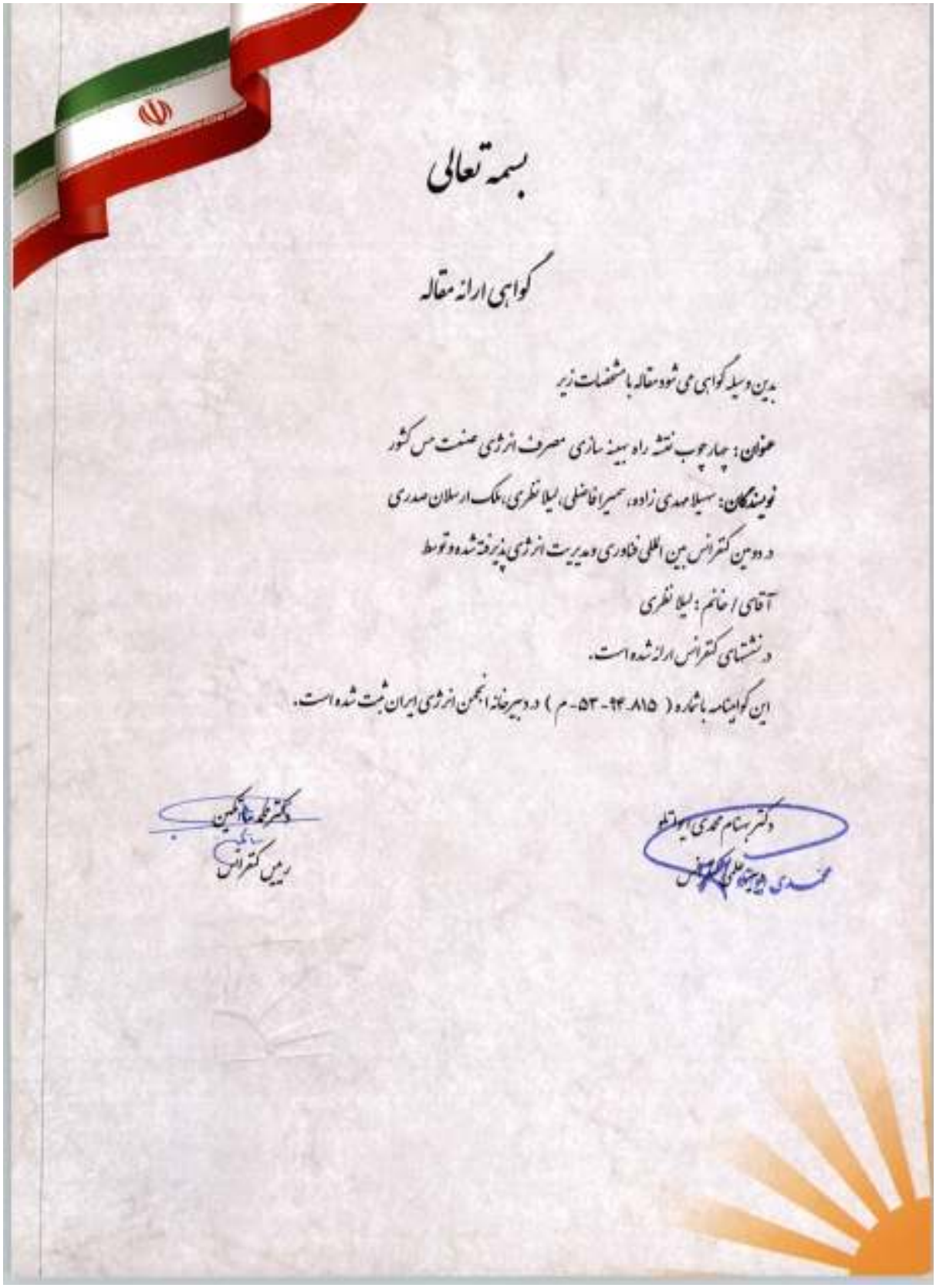
آقای / خانم: سهیلا مهدی زاده

در نشستهای کنفرانس ارائه شده است.

این گواهینامه با شماره (۸۱۲-۹۴-۵۳-م) در دبیرخانه انجمن انرژی ایران ثبت شده است.

دکتر بهنام محمدی ایواتلو
دبیر علمی کنفرانس

دکتر محمد سانکین
دبیر کنفرانس



بسمه تعالی

گواهی ارائه مقاله

بدین وسیله گواهی می شود مقاله با مشخصات زیر

عنوان: چهارچوب نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی صنعت مس کشور

نویسندگان: سهیلا مهدی زاده، سمیرا فاضلی، لیلا نظری، ملک ارسلان صدری

در دومین کنفرانس بین المللی فناوری و مدیریت انرژی پذیرفته شده و توسط

آقای / خانم: لیلا نظری

در نشستهای کنفرانس ارائه شده است.

این گواهینامه با شماره (۸۱۵-۹۴-۵۳-م) در دبیرخانه انجمن انرژی ایران ثبت شده است.

دکتر محمد عاقلی

رییس کنفرانس

دکتر بهنام محمدی

پیوست ۲

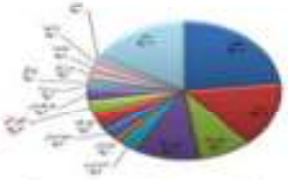
پوسترها

energyenergy.ir

چهارچوب نقشه راه بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور
مطالعات اولویت بندی تدوین وضعیت مطلوب صنعت مس
تهیه چارچوب زمانی و موضوعی جهت شناسایی اهداف در نقشه راه
شناسایی قرمتها و تهدیدها
تعیین اهداف کلان و هدف بهینه سازی مصرف انرژی
اولویت بندی راهکارهای مورد نیاز جهت دستیابی به اهداف هدف وکلان نقشه راه
تدوین سند نقشه راه بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت مس کشور
چهارچوب نقشه راه
نقشه راه روش کشف و توصیف آینده مطلوب و تعیین راه رسیدن به آن به زبانی ساده و قابل فهم برای سازمان است.
فرآیند نقشه راه ابزاری است برای برقراری ارتباط بین چشم انداز، ارزش ها و اهداف با اقداماتی راهبردی که برای دستیابی به این اهداف مورد نیاز است.
هدروستاتیک
پیزومتری
ارزیابی عوامل خارجی EFE
ارزیابی عوامل خارجی EFE
اهداف کلان نقشه راه بهینه سازی انرژی صنعت مس کشور

مطالعات محک زنی بین المللی تکنولوژی تولید با محوریت شاخصهای انرژی در صنعت مس کشور

کشور ایران نیز با دارا بودن حدود ۳ درصد از ذخایر معدنی مس دنیا و در مقام مقایسه به لحاظ ذخیره در بین کشورهای برتر معدنی مس، در جایگاه نهم قرار دارد



در جدول۱ میزان تولیدات معدنی و پالایش شده مس آورده شده است

جدول ۱- میزان تولیدات معدنی و پالایش شده مس

همانگونه که از نتایج مشخص است رتبه ایران جهت تولید محصولات نهایی به ترتیب کاهش یافته است و این نشانگر اهمیت بالای کار و پتانسیل موجود در تولید محصولات نهایی مس است

انجام مطالعات محک زنی بین المللی تکنولوژی تولید با محوریت شاخصهای انرژی:

یکی از مهمترین شاخصهای تعیین عملکرد یک واحد صنعتی از دیدگاه مصرف انرژی، مصرف ویژه انرژی می‌باشد. در نمودار زیر میزان مصرف ویژه انرژی در مراحل مختلف تولید مس در ایران، متوسط دنیا و بهترین نمونه اجرایی نمایش داده شده است.

جدول ۲- مقایسه مصرف ویژه انرژی در صنعت مس ایران با دنیا

با توجه به اینکه ایران از لحاظ میزان استخراج و تولید محصول نهایی نسبت به ذخایری که در اختیار دارد در جایگاه پایین تری در جهان قرار دارد و از لحاظ شاخص مصرف ویژه انرژی پتانسیل بالایی برای صرفه جویی موجود است می توان با اجرای راهکارهایی میزان مصرف انرژی در مراحل مختلف تولید مس در کاهش داد.