

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی مواد و متالورژی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی مواد
گرایش شناسایی و انتخاب مواد

بررسی اثر شارژ کنسانتره میدوک بر عملیات کوره ریورب و کنورترهای مجتمع
مس سرچشمه

مؤلف :

ياسر نیمجردی

استاد راهنما :

پروفسور شهریار شرفی

استاد مشاور :

دکتر غلامرضا خیاطی

تیر ماه ۱۳۹۲



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی مواد و متالورژی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: یاسر نیمجردی

استاد راهنما: پروفسور شهریار شرفی

استاد مشاور: دکتر غلامرضا خیاطی

داور ۱: دکتر رامین رئیس زاده

داور ۲: دکتر حمید دوست محمدی

نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع: مهندس فاطمه بقایی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر مریم احتشام زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم
اسطوره های همیشگی عشق و ایثار
که در تمامی آوان زندگی همراه و پشتیبان من بوده‌اند.
امیدوارم بتوانم ذره‌ای از محبت‌های بی دریغشان را جبران نمایم.

و

تمام آنانی که در مسیر زندگی
برایم آموزگار عشق، ایمان و دانش بوده‌اند.

تشکر و قدردانی :

سپاس خدای را که دریای بیکران علم است. آفریدگار بی نیازی که توان آموختن ارزانیم داشت.

اکنون که با لطف و عنایت ایزد منان موفق به اتمام این پایان نامه شدم بر خود لازم می دانم که از زحمات و راهنمایی های اساتید عزیزم **پروفسور شهریار شرفی** و **دکتر غلامرضا خیاطی** که همواره راهنما و مشوق من بودند کمال تشکر را داشته باشم.

از صمیم قلب سپاسگذار تک تک اعضای خانواده ام هستم، به خصوص **پدر و مادرم** که همواره مشوق و حامی من بودند و دعای خیرشان همراه و پشتیبان من بود.

اینجانب خود را مدیون تمامی **اساتید محترم بخش مواد و متالورژی** دانشگاه شهید باهنر کرمان می دانم که افتخار شاگردیشان را داشته ام.

از کلیه مسئولین محترم بخش تحقیق و توسعه، کارخانه ذوب، آزمایشگاهها و کلیه همکاران این پروژه در مجتمع مس سرچشمه و شهرابک خصوصاً آقایان مهندس فروهر، مهندس معینی، مهندس حاج محمدی، مهندس مهدوی، مهندس مددی، مهندس نژاد غلامعلی، مهندس خدادادی، مهندس خراسانی و مهندس موحدی کمال تشکر را دارم. همچنین قدردانی ویژه خود را نسبت به مسئولین آزمایشگاه مینرالوژی آقای شریفی و خانم عادل و پرسنل واحد بلندینگ مجتمع مس سرچشمه آقایان شهرابکی و آخوندی ابراز می - دارم.

در نهایت سپاسگذار دوستان بی نظیری هستم که افتخار مصاحبت با ایشان را داشتم و برادرانه در تمامی سختی ها و مشکلات همراه و پشتیبان من بودند.

یاسر نیمجردی

بهار ۹۲

چکیده

در مجتمع مس سرچشمه عملیات ذوب و تهیه مات مس در کوره ریورب انجام می‌گیرد. در این پژوهش یکی از مهم‌ترین مشکلات ایجاد شده در کوره ریورب شامل جدایش ضعیف مات و سرباره در اثر شارژ کنسانتره میدوک بررسی گردید. اتمسفر کوره، میزان سرباره برگشتی کنورتر، شرایط احتراق، درصد سیلیس ورودی و نوع مشعل‌ها به عنوان پارامترهای اثرگذار در کنترل کار این نوع کوره‌ها موثر می‌باشد. بر این اساس با استفاده از آزمایشات ذوب و داده‌های صنعتی شامل آنالیز مینرالوژی کنسانتره، آنالیز شیمیایی مات و سرباره کوره ریورب در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰، تاثیر سیلیس سرباره بر محتوای مگنتیت مات و سرباره با توجه به شارژ کنسانتره میدوک به همراه کنسانتره سرچشمه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در صورت شارژ مقادیر بالاتر کنسانتره میدوک، به اشباع رسیدن سرباره از سیلیس مانع از تشکیل مگنتیت شده و جدایش سرباره را بهبود می‌بخشد.

در این مجتمع صنعتی عملیات تبدیل مات به مس بلیستر در کنورتر پیرس اسمیت انجام می‌گیرد. همچنین در این پژوهش تاثیر حضور مگنتیت ورودی به کنورتر بر شرایط عملیاتی آن شامل ویسکوزیته و جدایش مناسب سرباره، حجم مفید کنورتر، عملکرد تویرها و عملیات پانچ کنورتر بررسی گردید. داده‌های ورودی مورد استفاده در تحقیق حاضر شامل محتوای مگنتیت مات ورودی به کنورتر، مقدار سیلیس موجود در سرباره، نوع سیلیس مصرفی، نسبت‌های Fe/SiO_2 به همراه SiO_2/FeO سرباره و نحوه شارژ سیلیس بودند که در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ برای کوره ریورب و سرباره کنورتور ثبت شده بود. نتایج نشان داد که با کاهش اندازه دانه، افزایش عیار سیلیس مصرفی، استفاده از فرآیند Bottom Slag و شارژ سیلیس مصرفی در زمان مناسب مگنتیت تشکیل شده در کنورتر کاهش می‌آید.

کلمات کلیدی: کنسانتره، کوره ریورب، کنورتر پیرس اسمیت، مات، سرباره، سیلیس، مگنتیت، پیریت،

دمش هوا

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول (مقدمه)
۲	مقدمه
۵	فصل دوم (مروری بر منابع)
۶	۱-۲ بررسی عملیات ذوب و تبدیل مات مس
۷	۱-۱-۲ ذوب مس و تهیه مات
۸	۲-۱-۲ دیاگرام سه تایی Cu-Fe-S
۹	۳-۱-۲ سولفیدهای معدنی مس در عملیات ذوب
۱۰	۴-۱-۲ سرباره کوره های تهیه مات
۱۳	۵-۱-۲ تبدیل مات مس در کنورتر پیرس اسمیت
۱۴	۶-۱-۲ شیمی فرآیند تبدیل
۱۵	۷-۱-۲ نحوه تشکیل سرباره از اکسید آهن و سیلیس
۱۷	۸-۱-۲ ذوب و تهیه مات در کوره های شعله ای (ریورب)
۱۸	۱-۸-۱-۲ کوره شعله ای (ریورب)
۱۹	۲-۸-۱-۲ واکنش های کوره ریورب
۲۲	۳-۸-۱-۲ مکانیزم بالا آمدن کف در کوره های ریورب
۲۳	۲-۲ نقش مگنتیت در کوره های ریورب
۲۳	۱-۲-۲ مضرات مگنتیت
۲۴	۲-۲-۲ حلالیت مگنتیت
۲۵	۳-۲-۲ عوامل موثر در تشکیل و ورود مگنتیت
۲۶	۴-۲-۲ نقش اتمسفر کوره از لحاظ پتانسیل اکسیژن و دما در تشکیل مگنتیت
۲۹	۵-۲-۲ تاثیر پیریت بر مگنتیت مات و سرباره

۳۱	۶-۲-۲ مقدار مگنتیت موجود در سرباره
۳۲	۳-۲ مگنتیت در کنورتر پیرس اسمیت
۳۲	۱-۳-۲ عوامل موثر بر تشکیل مگنتیت
۳۲	۲-۳-۲ نسبت Fe/SiO ₂ سرباره
۳۴	۳-۳-۲ در صد سیلیس سرباره
۳۶	۴-۳-۲ ذوب سیلیس
۳۷	۱-۴-۳-۲ اندازه دانه سیلیس
۳۷	۲-۴-۳-۲ عیار مات
۳۸	۵-۳-۲ نسب Fe/Cu مات
۳۹	۶-۳-۲ درصد آلومینا در سرباره
۳۹	۷-۳-۲ پتانسیل اکسیژن و دما
۴۲	فصل سوم (روش تحقیق)
۴۳	۱-۳ تحقیقات آزمایشگاهی
۴۳	۱-۱-۳ مواد و تجهیزات مورد استفاده
۴۳	۲-۱-۳ آزمایشات ذوب
۴۵	۲-۳ تحقیقات صنعتی
۴۷	۳-۳ استفاده از نرم افزار HSC CHEMISTRY 05
۴۷	۴-۳ ابزار آنالیز
۴۷	۱-۴-۳ دستگاه اندازه گیری مقدار مگنتیت
۴۸	۲-۴-۳ دستگاه آنالیز شیمیایی مات، سرباره و کنسانتره
۴۹	۳-۴-۳ میکروسکوپ نوری
۴۹	۴-۴-۳ آنالیز فازی به کمک پراش اشعه ایکس (XRD)
۵۰	۵-۳ نحوه پردازش اطلاعات

۵۱	فصل چهارم (ارایه نتایج)
۵۲	۱-۴ نتایج تحقیقات آزمایشگاهی
۵۸	۲-۴ نتایج بررسی داده‌های صنعتی
۵۹	۱-۲-۴ نتایج داده‌های کوره ریورب سال ۱۳۸۷
۶۰	۲-۲-۴ نتایج داده‌های کوره ریورب سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰
۷۰	۳-۲-۴ نتایج داده‌های کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰
۷۳	۳-۴ نتایج حاصل از نرم افزار HSC CHEMISTRY 05
۷۴	فصل پنجم (بحث و بررسی نتایج)
۷۵	۱-۵ بررسی آنالیز مینرالوژی و شیمیایی کنسانتره میدوک و سرچشمه
۷۶	۲-۵ بررسی اثر افزودن شارژ کنسانتره میدوک در شارژ کوره ریورب بر سولفید و اکسیدهای آهن مات
	۳-۵ بررسی عوامل موثر بر بالا رفتن اکسیدهای آهن مات و مگنتیت سرباره با شارژ درصدهای بالاتر کنسانتره میدوک در کوره ریورب
۷۷	
۸۲	۴-۵ بررسی اثر افزودن شارژ کنسانتره میدوک در کوره ریورب بر اتلاف مس سرباره
	۵-۵ بررسی مشکلات ایجاد شده در عملیات دمش سرباره کنورتر با تغییر مات در اثر شارژ کنسانتره میدوک در کوره ریورب
۸۲	
۸۳	۱-۵-۵ بررسی اثر تغییر مات بر مگنتیت سرباره کنورتر
۸۳	۱-۱-۵-۵ بررسی زمان دمش
۸۴	۲-۱-۵-۵ تاثیر سیلیس
۸۷	۳-۱-۵-۵ تاثیر آهک و آلومینا
۸۸	فصل ششم (نتیجه گیری و پیشنهادات)
۸۹	۱-۶ نتیجه گیری
۹۰	۲-۶ پیشنهادات
۹۱	فصل هفتم (پیوست‌ها)
۹۲	۱-۷ معرفی نرم افزار HSC
۹۶	منابع و مراجع

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۸	شکل ۱-۲ دیاگرام سه‌تایی Cu-Fe-S
۹	شکل ۲-۲ دیاگرام سه‌تایی $\text{Cu}_2\text{S-FeS}_{1.08}\text{-(Fe}_3\text{O}_4\text{+FeO)}$ برای فرآیندهای مختلف کوره شعله‌ای، کوره تشعشعی، کوره الکتریکی و کوره دمشی
۱۲	شکل ۳-۲ دیاگرام سه‌تایی $\text{SiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-FeO}$
۱۴	شکل ۴-۲ نمایی از کنورتور پیرس اسمیت
۱۹	شکل ۵-۲ ساختمان یک کوره شعله‌ای
۲۵	شکل ۶-۲ حلالیت مگنتیت در مات نسبت به دما و عیار مات
۲۷	شکل ۷-۲ روابط فازی در عملیات ذوب مس تحت شرایط سرباره اشباع از سیلیس و فشار یک اتمسفر گاز SO_2
۲۸	شکل ۸-۲ فازهای متفاوت قابل تشکیل در دما و فشارهای جزئی اکسیژن متفاوت
۳۱	شکل ۹-۲ مقدار مگنتیت در ارتباط با فشار جزئی اکسیژن
۳۲	شکل ۱۰-۲ نمودار نسبت FeO/SiO_2 سرباره براساس مقادیر Fe ، Fe_3O_4 و SiO_2 موجود در آن
۳۴	شکل ۱۱-۲ در صد Fe_3O_4 به عنوان تابعی از درصد SiO_2 در 1270°C و برای مقادیر مختلف a_{FeS} در مات
۳۶	شکل ۱۲-۲ شماتیک ذوب فلاکس
۳۷	شکل ۱۳-۲ اثرات اندازه دانه فلاکس بر ذوب آن
۳۸	شکل ۱۴-۲ اثرات عیار مات بر ذوب فلاکس
۴۰	شکل ۱۵-۲ رابطه بین فشار جزئی اکسیژن با ترکیب و فاز موجود در سیستم در 1250°C درجه سانتیگراد
۴۱	شکل ۱۶-۲ ثابت تعادل واکنش $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{+FeS}\rightarrow 10\text{FeO+SO}_2$
۵۳	شکل ۱-۴ الگوی پراش برای مات تولیدی از ذوب کنسانتره میدوک
۵۴	شکل ۲-۴ تغییرات مگنتیت مات با درصد کنسانتره میدوک در شارژ
۵۵	شکل ۳-۴ تغییرات درصد وزنی Cu_2S و FeS مات با درصد کنسانتره میدوک در شارژ

- شکل ۴-۴ تغییرات مس، آهن و گوگرد مات با درصد کنسانتره میدوک در شارژ ۵۵
- شکل ۴-۵ تغییرات مگنتیت مات با کنسانتره (SC کنسانتره سرچشمه و MC کنسانتره میدوک) و مقدار مگنتیت ورودی ۵۷
- شکل ۴-۶ تغییرات مگنتیت سرباره با کنسانتره (SC کنسانتره سرچشمه و MC کنسانتره میدوک) و مقدار مگنتیت ورودی ۵۷
- شکل ۴-۷ الگوی پراش برای مات تولیدی کوره ریورب سال ۱۳۹۱ ۵۸
- شکل ۴-۸ تغییرات مگنتیت سرباره و اکسیدهای آهن در مات با توجه به تغییر درصد شارژ کنسانتره میدوک ۶۰
- شکل ۴-۹ تغییرات سولفید آهن و گوگرد در مات با توجه به تغییر درصد شارژ کنسانتره میدوک ۶۰
- شکل ۴-۱۰ تغییرات مگنتیت سرباره و اکسیدهای آهن در مات با توجه به پیریت بالای ۲۵ درصد در کنسانتره شارژ شده در کوره ریورب سال ۱۳۸۹ ۶۲
- شکل ۴-۱۱ تغییرات سولفید آهن و گوگرد در مات با توجه به پیریت بالای ۲۵ درصد در کنسانتره شارژ شده در کوره ریورب سال ۱۳۸۹ ۶۲
- شکل ۴-۱۲ تغییرات مگنتیت سرباره و مگنتیت، سولفید آهن و گوگرد مات با توجه به شارژ ۲۰ درصد کنسانتره میدوک ۶۳
- شکل ۴-۱۳ تغییرات مگنتیت مات و سرباره با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۴
- شکل ۴-۱۴ تغییرات سیلیس با مگنتیت سرباره با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۴
- شکل ۴-۱۵ تغییرات سیلیس سرباره با مگنتیت مات با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۵
- شکل ۴-۱۶ تغییرات سیلیس سرباره با اکسیدهای آهن مات با توجه به شارژ ۳۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۵
- شکل ۴-۱۷ تغییرات مگنتیت سرباره با نسبت Fe/SiO_2 با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۵
- شکل ۴-۱۸ تغییرات مگنتیت سرباره با نسبت SiO_2/FeO با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۶
- شکل ۴-۱۹ تغییرات اکسیدهای آهن مات با نسبت Fe/SiO_2 و SiO_2/FeO با توجه به شارژ ۳۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۶
- شکل ۴-۲۰ تغییرات آهک و مگنتیت سرباره با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۶
- شکل ۴-۲۱ تغییرات آهک سرباره با مگنتیت مات با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۷
- شکل ۴-۲۲ تغییرات آلومینا و مگنتیت سرباره با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۷
- شکل ۴-۲۳ تغییرات آلومینای سرباره با مگنتیت مات با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۷
- شکل ۴-۲۴ تغییرات مگنتیت مات با سولفید مس مات با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۸

- شکل ۴-۲۵ تغییرات مگنتیت مات با سولفید آهن مات با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۸
- شکل ۴-۲۶ تغییرات اکسیدهای آهن مات با سولفید آهن و مس مات با توجه به شارژ ۳۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۹
- شکل ۴-۲۷ تغییرات مس سرباره با مس مات با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۶۹
- شکل ۴-۲۸ تغییرات مس سرباره با مگنتیت سرباره با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۷۰
- شکل ۴-۲۹ تغییرات مس سرباره با سیلیس سرباره با توجه به شارژ ۳۰ و ۲۰ درصدی کنسانتره میدوک ۷۰
- شکل ۴-۳۰ تغییرات سیلیس با مگنتیت سرباره کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۷۱
- شکل ۴-۳۱ تغییرات مگنتیت سرباره با نسبت Fe/SiO_2 سرباره کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۷۱
- شکل ۴-۳۲ تغییرات مگنتیت سرباره با نسبت SiO_2/FeO سرباره کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۷۱
- شکل ۴-۳۳ تغییرات مگنتیت سرباره با آهک سرباره کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۷۲
- شکل ۴-۳۴ تغییرات مگنتیت سرباره با آلومینای سرباره کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۷۲
- شکل ۴-۳۵ تغییرات مگنتیت سرباره با وستیت سرباره کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۷۲
- شکل ۴-۳۶ تغییرات مگنتیت سرباره با مس سرباره کنورتر سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ ۷۳
- شکل ۴-۳۷ تاثیر سیلیس بر مگنتیت مات و سرباره با استفاده از نرم افزار HSC CHEMISTRY 05 ۷۳
- شکل ۷-۱ منوی اصلی نرم افزار HSC ۹۲
- شکل ۷-۲ Formula Weight ۹۴

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۰	جدول ۱-۲ مقادیر مس و گوگرد یافته شده در سنگ‌های معدنی سولفید مس
۳۰	جدول ۲-۲ دماهای احتراق تقریبی برای کانه‌ها در هوا
۳۰	جدول ۲-۳ مقایسه دمای تعادل و فشار جزئی گاز SO_2 (اثر FeS بر مگنتیت)
۴۴	جدول ۱-۳ نسبت‌های وزنی آزمایش ذوب مرحله اول
۴۵	جدول ۲-۳ نسبت‌های وزنی آزمایش ذوب مرحله دوم
۴۷	جدول ۳-۳ مواد ورودی در نرم افزار HSC CHEMISTRY 05
۵۲	جدول ۱-۴ آنالیز مینرالوژی کنسانتره
۵۲	جدول ۲-۴ آنالیز عنصری کنسانتره
۵۲	جدول ۳-۴ آنالیز عنصری از مواد افزودنی
۵۴	جدول ۴-۴ درصد وزنی عناصر و ترکیبات مات آزمایش ذوب مرحله اول
۵۶	جدول ۵-۴ درصد وزنی عناصر و ترکیبات مات آزمایش ذوب مرحله دوم
۵۶	جدول ۶-۴ درصد وزنی عناصر و ترکیبات سرباره آزمایش ذوب مرحله دوم
۵۹	جدول ۷-۴ میانگین آنالیز مینرالوژی کنسانتره شارژ شده خرداد و تیرماه سال ۱۳۸۷
۶۱	جدول ۸-۴ میانگین ماهانه آنالیز مینرالوژی کنسانتره شارژ شده کوره ریورب سال ۱۳۸۹

فصل اول

مقدمه

مقدمه

مس به عنوان یکی از قدیمی ترین فلزات مورد استفاده بشر از جایگاه ویژه‌ای در صنایع مختلف برخوردار می‌باشد. استخراج حرارتی (پیرومتالورژی) مس از سنگ‌های سولفور آن، از مهم ترین روش‌های استخراج مس محسوب می‌شود که با پیشرفت قابل توجهی در تجهیزات و روش‌های استخراج همراه بوده است. علاوه بر آن با توجه به اهمیت بحث محیط زیست و آلودگی‌های ناشی از روش‌های پیرومتالورژی، در سال‌های اخیر روش‌های هیدرومتالورژی در استخراج این فلز نیز گسترش قابل توجهی یافته‌اند [۱].

استخراج مس از سنگ‌های سولفیدی و تولید مس از طریق کوره‌های مختلفی همچون کوره ریورب، اتوکومپو و نوراندا انجام می‌گیرد.

اگر چه کوره‌ها و روش‌های جدید، جایگزین کوره‌های ریورب در استخراج مس گشته‌اند، اما هنوز این کوره‌ها در نقاط مختلف دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند و با اصلاحات و تغییرات، این نوع کوره‌ها همچنان از قابلیت تولیدی خوبی برخوردارند. در ایران و در کارخانه مس سرچشمه نیز از این کوره‌ها استفاده می‌شود. از آنجا که این کوره‌ها در گذشته با نرخ پائین ذوب‌دهی همراه بودند، با انجام اصلاحات بر روی این کوره‌ها از مشعل‌های اکسیژن سوخت در این کوره‌ها استفاده گردید تا ضمن بالا بردن سرعت ذوب‌دهی، کوره‌ها از قابلیت کنترل بیشتری بهره‌مند گردند. هم اکنون در ذوب مس سرچشمه از دو کوره ریورب استفاده می‌شود. مشعل‌های هر ۲ کوره بصورت ترکیبی از مشعل‌های مازوت سوز و اکسیژن سوخت در حال فعالیت می‌باشند. یکی از مهم ترین مشکلات کوره‌های ریورب بالا آمدن کف کوره در طول زمان می‌باشد.

مهم ترین دلیل رشد کف تشکیل مگنتیت و اسپینل‌های آن می‌باشد که با رسوب در کف باعث بالا آمدن آن می‌شوند. مگنتیت در کوره ریورب یا از طریق اتمسفر کوره و شرایط اکسیدی آن تولید می‌گردد و یا بدلیل استفاده از سرباره برگشتی کنورتر که به منظور بازیافت مس آن به کوره ریورب برگردانده می‌شود، وارد این کوره می‌گردد.

شارژ کنسانتره میدو ک با توجه به پیریت بالا و پتانسیل بالای اکسیژن باعث سوختن پیریت شده و در طی فرآیند، دمای کوره را افزایش می دهد و شرایط برای احیای مگنتیت وارد شده از طریق سرباره کنورتر فراهم می گردد. در این حالت لازم است که سیلیس در سرباره اشباع باشد و بتواند FeO تولیدی از واکنش احیای مگنتیت را به فایالیت تبدیل کند. در صورت اشباع نبودن سرباره از سیلیس امکان واکنش تولید فایالیت کم شده و FeO تولیدی به Fe₃O₄ تبدیل می گردد که این مگنتیت باعث بالا رفتن ویسکوزیته سرباره و تلفات مس در آن می گردد.

عملیات تبدیل مات به مس بلیستر در کارخانه ذوب مس سرچشمه به وسیله پنج کنورتر پیرس اسمیت که چهار تا در حال کار و یکی در حال تعمیر است انجام می گیرد. استفاده از حداکثر ظرفیت کنورتر به منظور رسیدن به ظرفیت اسمی از دغدغه های مهم این کارخانه است که اگر به هر علتی کنورترها در شرایط پایین تر از ظرفیت کار کنند به عنوان گلوگاه تولید باعث افت آن خواهند شد. یکی از عوامل محدود کننده حضور مگنتیت در کنورتر می باشد. برای شناخت ماهیت فرایند تولید سرباره، عوامل موثر بر آن و علل تشکیل مگنتیت و راه های کنترل آن تحقیقات زیادی توسط محققین مختلف انجام گرفته است که عوامل مهمی همچون دما، میزان دمش، ترکیب مات، نسبت Fe/SiO₂ سرباره، اندازه دانه، خلوص، شرایط افزودن سیلیس مصرفی و هوای غنی شده به طور مشخص مورد بررسی قرار گرفته اند و در تحقیقات مختلف محدوده های متفاوتی برای آنها ذکر شده است. در کارخانجات مختلف نیز پیشنهادهای گوناگونی جهت کنترل مگنتیت از قبیل، استفاده از سیلیس با عیار بالاتر، کک و سیلیس با دمای بالا مورد بررسی قرار گرفته اند.

علی رغم این که تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفته است هنوز نتایج قطعی در مورد هر یک از عوامل ذکر شده مشخص نگردیده است. پراکندگی نتایج تحقیقات صورت گرفته زیاد بوده که علت آن شرایط صنعتی مختص واحد صنعتی تحت مطالعه بوده است که باعث انحراف از مقادیر مورد نظر تئوری در تحقیقات مختلف شده است.

با توجه به مطالب فوق و تشکیل مگنتیت زیاد در سرباره‌های تولیدی کنورترهای ذوب مس سرچشمه و مشکلات پیامد آن از قبیل بالا آمدگی دیواره‌های داخلی و کاهش ظرفیت کنورتر، اخلاص در سرباره‌گیری و اتلاف زیاد مس در این پژوهش در کنار بررسی تاثیر شارژ کنسانتره میدوک بر عملیات کوره ریورب سعی شده است تاثیر افزایش اکسیدهای آهن، کاهش سولفید آهن و افزایش عیار مات بر عملیات کنورترهای ذوب مس سرچشمه با عنایت به شرایط صنعتی این کارخانه بررسی گردد.

همانطور که ذکر شد در این پژوهش تاثیر شارژ کنسانتره میدوک بر عملیات کوره ریورب و تغییرات مات بر عملیات کنورتر مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه کنسانتره میدوک در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به ترتیب ۳۰ و ۲۰ درصد شارژ و سال ۱۳۸۷ در یک دوره ۲۰ روزه ۴۰ درصد شارژ شده است، سعی شد در کنار آزمایشات ذوب در کوره الکتریکی، داده‌های شرکت مربوط به کنسانتره میدوک و سرچشمه، کوره ریورب و کنورتر در سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بررسی شود. همچنین تاثیر کنسانتره میدوک با توجه به پیریت بالای آن در کنار سیلیس متغییر بر مگنتیت مات با کمک نرم‌افزار HSC CHEMISTRY 5.0 ترکیبات تعادلی در کوره ریورب مورد بررسی قرار گرفته و سعی شد راه‌های کنترل کننده مناسب ارائه گردند. با بررسی داده‌های بدست آمده برای کوره ریورب عدم اشباع بودن سیلیس در سرباره مشکل ساز بوده است و امکان تشکیل مگنتیت با شارژ کنسانتره میدوک با توجه به پیریت بالای آن فراهم شده است. همچنین با تحلیل داده‌های مختلف سیکل‌های کاری کنورتر مشخص گردید که با توجه به حضور مگنتیت در مات و کاهش گوگرد مات برای تکمیل واکنش تشکیل سرباره زمان شارژ سیلیس باید زودتر و با عیار بالاتر و اندازه دانه کوچکتر انجام گیرد. همچنین مشخص گردید که اگر نسبت Fe/SiO_2 سرباره تولیدی در حد ۲-۱/۸ کنترل شود تشکیل مگنتیت حداقل خواهد بود و از درصد مگنتیت سرباره تولیدی کاسته خواهد شد و امکان کف کردن کنورتر در مراحل بعدی حداقل می‌گردد.

فصل دوم

مروری بر منابع

۱-۲ بررسی عملیات ذوب و تبدیل مات مس

۱-۱-۲ ذوب مس و تهیه مات

اصول ذوب و تهیه مات براساس قاعده کلی تشکیل فازهای مختلف که قابل تفکیک از یکدیگرند، قرار دارد.

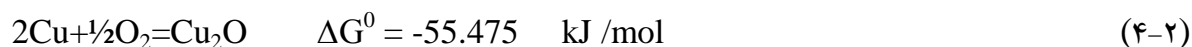
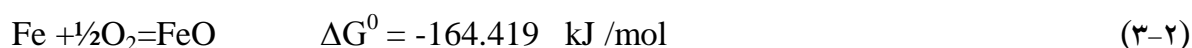
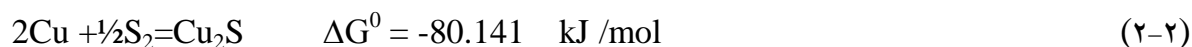
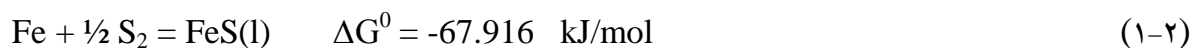
بطور کلی در ذوب مس اغلب دو فاز با جرم مخصوص متفاوت تشکیل می‌شود [۱].

الف: فاز سولفیدی که مات نامیده می‌شود و از سولفور مس (Cu_2S) و سولفور آهن (FeS) که در یکدیگر محلولند تشکیل شده است. جرم مخصوص مات حدود $4/5-5 \text{ g/cm}^3$ است و فلزات گرانبها بطور کلی در این فاز قابل حل‌اند.

ب: فاز سیلیکاتی که از سیلیکات‌های کلسیم، آهن و غیره تشکیل شده و دارای جرم مخصوص $2/5-3 \text{ g/cm}^3$ است. بنابراین از مات سبکتر بوده و فاز سرباره را تشکیل می‌دهد و به راحتی از مات قابل تفکیک می‌باشد.

بطور کلی برای تولید مات کانی پرعیار شده یا کانی پرعیار شده‌ای که تا حدی تشویه شده است، در دمای $1150-1250$ درجه سانتیگراد ذوب می‌شود تا دو فاز جداشدنی (غیر قابل انحلال) سرباره و مات تولید شود.

اختلاف میل ترکیبی آهن و مس با گوگرد و اکسیژن بیشترین نقش را در تشکیل مات و سرباره دارد. اصول ترمودینامیکی یا مبانی نظری تولید مات در کوره‌های مختلف یکسان است. تغییرات انرژی آزاد استاندارد واکنش‌های ۱-۲ تا ۴-۲ در بررسی ترمودینامیکی تولید مات در دمای 1250 درجه سانتیگراد حائز اهمیت بوده و به شرح ذیل می‌باشد [۱].



با توجه به تغییرات انرژی آزاد استاندارد واکنش‌های ۱-۲ تا ۴-۲ در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد، Cu_2S پایدارتر از FeS و FeO پایدارتر از Cu_2O است. اگر مس به صورت اکسید در سرباره حضور داشته باشد، بر طبق واکنش ۵-۲ به سولفید مس تبدیل می‌شود.



با توجه به اطلاعات ترمودینامیکی ارائه شده در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد، پیشرفت واکنش ۵-۲ به صورت خود به خود از چپ به راست خواهد بود. بنابراین تا زمانی که FeS در محیط عملیات حضور داشته باشد، Cu_2O ناپایدار بوده و در صورت تشکیل به Cu_2S تبدیل می‌شود.

بنابراین میل ترکیبی بیشتر مس با گوگرد و میل ترکیبی کمتر مس با اکسیژن نسبت به سایر عناصر همراه شارژ مبنای تولید مات است. واکنش‌پذیری فلزات با گوگرد در درجه حرارت ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به ترتیب عبارتست از منگنز، مس، روی، آهن و سرب. چون معمولاً مقدار منگنز در سنگ‌های مس کم است و سرب و روی نیز در مرحله فلوتاسیون جدا می‌شوند، لذا مات مس بیشتر شامل سولفورهای مس و آهن خواهد بود. در ذوب مس هدف سولفیدی شدن مس موجود در بار است به نحوی که وارد فاز مات شود. این امر بدلیل وجود FeS در مات که تمایل دارد تمام مس سولفید نشده در بار را طبق واکنش ۵-۲ سولفیدی کند، تحقق می‌پذیرد. وجود سولفور آهن در مات نه تنها مضر نیست بلکه لازم نیز می‌باشد. زیرا سولفور آهن عنصر اصلی تولید انرژی در کنورتور است و تشکیل FeO قسمت عمده حرارت لازم در کنورتور را تأمین می‌کند و از طرف دیگر وجود سولفور آهن باعث پائین آمدن نقطه ذوب مات می‌شود [۱]. بخش عمده مات از دو ترکیب سولفیدی Cu_2S و FeS تشکیل می‌شود. این دو ترکیب در دمای ۱۲۵۰ درجه سانتیگراد کاملاً محلول بوده و مذاب همگنی را تشکیل می‌دهند.