بسم الله الرحمن الرحيم

٤٠١٧٩

۱۳۸۰ /۱۲/ ۴۲

016834

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی- بخش مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

تحت عنوان:

بررسی تعادل شیمیایی فرآیند ذوب مس در کوره های ریورب مجتمع مس سرچشمه

نگارش:
کاووس زارع

۴۰۱۵۹

استاد راهنما:
دکتر سید حسین منصوری

فروردین ۱۳۸۰

بسمه تعالی

این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد

به

بخش مکانیک

دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

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

دانشجو : آقای کاووس زارع **امضاء**

اساتید راهنما : آقای دکتر سیدحسین منصوری

داور ۱ : آقای دکتر مظفر علی مهرابیان

داور ۲ : آقای دکتر محمد کرمی نژاد

داور ۳ : آقای دکتر یوزباشی زاده

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به مولف است

تقدیم به :

پدر و مادر عزیز و مهربانم
که معلّمان صبر وصداقتند
و وجودشان همه مهر، محبّت و نعمت است.
و تقدیم به خواهر و برادر عزیزتر از جانم.

تشکر و قدردانی :

سپاس خدای را که دریای بیکران علم است. آفریدگار بی نیازی که توان آموختن ارزانی داشت که بدون اراده و قدرت او قادر به انجام هیچ کاری نیستیم. حال که مراحل انجام پایان نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم که از همکاری و یاری کلیه کسانی که در انجام این تحقیق مرا همراهی کرده‌اند کمال تشکر را داشته باشم. ابتدا لازم است از جناب آقای دکتر سید حسین منصوری استاد راهنمای پایان نامه، که در طول انجام پایان نامه، با صبر و حوصله و با راهنمائیهای دقیق و ارزنده، بنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده‌اند تشکر فراوان داشته باشم. همچنین ازمدیر تحقیقات مجتمع مس سرچشمه آقای مهندس نوبری، رئیس تحقیقات پیرومتالورژی آقای مهندس نیک نژاد ، رئیس تحقیقات هیدرومتالورژی آقای مهندس حسنی، و آقای مهندس سعید مشاور صنعتی در مجتمع مس سرچشمه تشکر می کنم. از زحمات اساتید محترم آقایان دکتر کرمی نژاد و دکتر مهرابیان و دکتر یوزباشی زاده که قبول زحمت نموده و داوری پروژه را به عهده گرفته‌اند، صمیمانه سپاسگزارم. همچنین به پاس مساعدتهای مختلف از مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی که اینجانب را در انجام این تحقیق یاری نمودند قدر دانی می نمایم. همچنین لازم است از زحماتی که آقایان مهندس حسینی ومهندس صاحبی در رابطه با این پایان نامه کشیده‌اند تشکر کنم. در پایان نیزازخانواده عزیزم که در طول دوران تحصیل مشوق من بوده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می کنم.

کاووس زارع

فروردین ماه ۱۳۸۰

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
فصل اول	**مشخصات کلی کوره های ریورب مجتمع مس سرچشمه**	۱
۱ـ۱	بررسی تجهیزات و عملکرد کوره های ریورب مجتمع مس سرچشمه	۲
۱ـ۲	تجهیزات کوره ریورب	۷
۱ـ۳	معایب کوره های شعله ای	۱۲
۱ـ٤	مزایای کوره های شعله ای	۱۲
۱ـ٥	تلفات مس در کوره های شعله ای	۱۲
۱ـ٦	تلفات مس در سرباره	۱۳
فصل دوم	**بررسی تعادل شیمیایی در سیستمهای پیچیده**	۱۸
۲ـ۱	شرایط لازم برای تعادل	۱۹
۲ـ۲	تعادل شیمیایی	۲۱
۲ـ۳	واکنشهای همزمان	۲٥
۲ـ٤	تعداد واکنشهای مستقل	۲۸
۲ـ٥	تعداد واکنشهای مستقل در یک سیستم پیچیده	۳۰
۲ـ٦	قانون استوکیومتری گیبس	۳٤
۲ـ۷	رتبه ماتریس اتمی و تعداد ترکیبات	۳٤
۲ـ۸	روش محاسبه تعادل در سیستمهای پیچیده	۳٦
فصل سوم	**حل عددی تعادل شیمیایی فرآیند ذوب مس در کوره های ریورب**	۳۸
۳ـ۱	روش محاسبه	۳۹
۳ـ۲	ضرایب اکتیویته ترکیبات	٤۷

۳_۳	تغییر انرژی آزاد گیبس برای تشکیل	۵۰
فصل چهارم	**بحث و نتایج**	۶۱
٤_۱	نتایج محاسبات تعادل شیمیایی در عملیات کوره ریورب	۶۲
٤_۲	نتایج مرحله اول	۶۲
٤_۳	نتایج مرحله دوم	۶۵
٤_٤	نتایج مرحله سوم	۶۶
٤_۵	نتایج مرحله چهارم	۶۸
٤_۶	جمعبندی	۷۲
	مراجع	۷۳

چکیده:

ذوب کانی پر عیار شده همراه با مواد روانساز (Flux) و تولید مات مذاب و تبدیل مات به مس بلیستر در کوره‌های تبدیل (کنورتر)، از متداولترین روشهای تولید مس از کانیهای سولفیدی می‌باشد. در مجتمع مس سرچشمه عمل ذوب کانیها و تبدیل آنها به مات مذاب بوسیله کوره‌های ریورب انجام می‌شود. در این پژوهش ترکیب فازهای مات، سرباره و گاز در حالت تعادلی با استفاده از داده‌های ترمودینامیکی محاسبه شده است. محاسبه بر اساس روش اصلاح شده برینکلی نیوتن - رافسون انجام شده است. با توجه به اینکه در این حالت دو محلول فازی غیر ایده‌آل و یک فاز گازی وجود دارند، محاسبات بسیار پیچیده است. یک برنامه کامپیوتری به زبان فرترن نوشته شده که می‌تواند وقتی کنستانتره مس، کمک ذوب سیلیس، مازت و هوا بداخل کوره شارژ شوند و به حالت تعادل برسند، ترکیب فازهای مات، سرباره و گاز را مشخص نماید.

فصل اول

مشخصات کلی کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه

۱-۱) بررسی تجهیزات و عملکرد کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه

اولین مرحله از پروسهٔ ذوب این مجتمع، در کوره‌های ریورب انجام می‌شود و مراحل این پروسهٔ ذوب در پیوست ۱ آورده شده است. بخش ذوب شامل واحد اختلاط (Blending) است که کنسانتره و کمک ذوبها را با هم مخلوط می‌کند و مواد شارژ را برای ذوب در دو کورهٔ ریورب آماده می‌سازد. این کوره‌های انعکاسی بر مبنای ظرفیت اسمی شارژ ۷۵۰ تن در روز طراحی شده‌اند.

کوره‌های ریورب شمارهٔ ۱و۲ در کارخانه ذوب مجتمع قرار دارند و از نظر تمام تجهیزات و نحوهٔ عملیات کاملاً شبیه هم هستند. تمامی مشخصات کوره اعم از ورودی‌ها و خروجی‌ها، ساختمان کوره، ابعاد، جنس نسوزها، درجه حرارت کاری، نحوهٔ شارژ و مشخصات تجیهزات کوره و همچنین اجزائی که در ارتباط با کورهٔ ریوربند با هم مشابه‌اند و بیشتر اعداد و ارقام در پیوست ۲ آورده شده است.

کوره‌های شعله‌ای متداولترین واحد برای ذوب مات است که در آنها کانی پرعیار شده، ذوب می‌شوند تا لایه‌های جدا از هم مات و سربارهٔ مذاب را تشکیل دهند.

ذوب مس یک فرآیند اکسیداسیون است و محیط فعل و انفعالات اکسیدی است، در نتیجهٔ این فرآیند، کالکوپیریت به مس فلزی تبدیل می‌شود و همچنین SO_2 و سربارهٔ آهنی دور ریز FeO_x تشکیل می‌شود.

معادلهٔ کلی این واکنش عبارت است از:

$$CuFeS_2+(4+x)/2O_2=Cu+2SO_2+FeO_x$$

همانطور که گفته شد مات، محصول با ارزش کوره‌های ریورب است که ترکیب اصلی آن $Cu_2S.FeS$ به اضافهٔ یکسری مواد جزئی است. هدف از تولید مات، حصول اطمینان از سولفیدی شدن تمام مس موجود در شارژ است به نحوی که وارد فاز مات شود. تقریباً تمام فلزات با ارزش در مات جمع می‌شوند.

سرباره نیز محصول دور ریز کورهٔ ریورب است و ترکیب اصلی آن $2FeO.SiO_2$ بعلاوه یکسری عناصر دیگر که درصد کمتری از سرباره را تشکیل می‌دهند می‌باشد. هدف از تشکیل سرباره، حذف

بیشترین ناخالصیهای موجود در کوره بصورت یک مذاب سیال و روان و جلوگیری از اتلاف مس می‌باشد. جزء اصلی شارژ کوره، کنسانتره مس می‌باشد که محصول کارخانهٔ تغلیظ بوده و علاوه بر آن شامل آهک، گرد و غبار، سیلیس و احتمالاً مواد قراضه (برگشتی) نیز می‌باشد. وجود کمک ذوبی مانند سیلیس در شارژ کوره باعث جدائی بین مات و سرباره در جریان ذوب می‌گردد و هرچه سیلیس خالص‌تر باشد این جدائی مات و سرباره بهتر و سریعتر صورت می‌گیرد. بهترین حالت جدایش مات و سرباره در موقعی است که سیلیس در سرباره به حد اشباع برسد. حد اشباع سیلیس در سرباره حدود ۴۲-۳۵ درصد می‌باشد. شارژ آهک همراه سیلیس نیز بمنظور پائین آوردن نقطهٔ ذوب سرباره و تشکیل یک سربارهٔ سیال و روان با خواص مورد نظر صورت می‌گیرد.

فرمول تلفات مس در سرباره ریورب با عیار مات تا ۵۰ درصد صادق است.

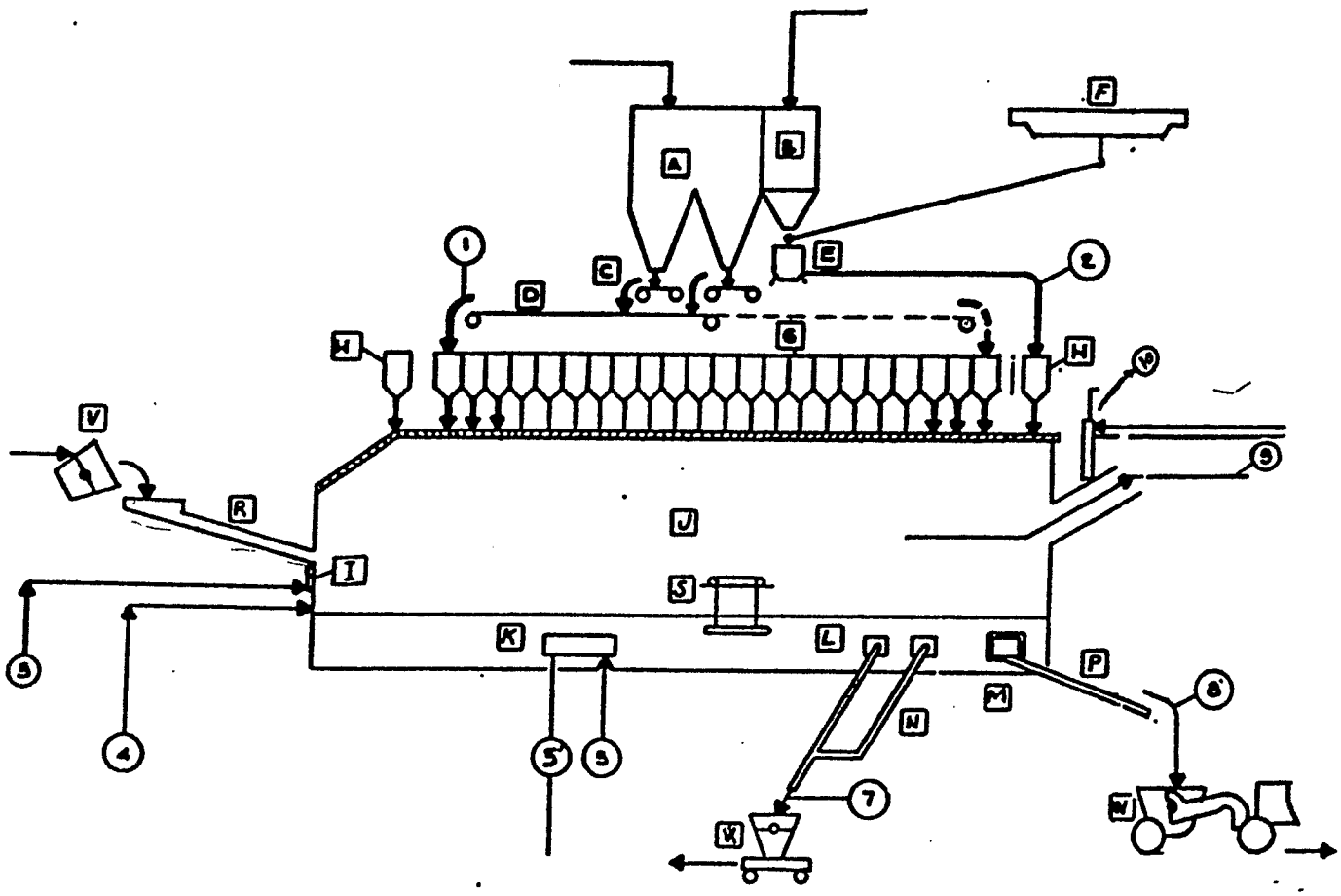
درصد مس در سرباره = (۰/۰۲-۰/۰۱) × درصد مس در مات

در کوره شعله‌ای با انجام واکنشهای اکسیداسیون آهن و گوگرد، عمل ذوب و تشکیل سرباره انجام می‌شود.

در جریان ذوب شارژ در کوره تمام سولفورها (سولفور مس و سولفور آهن) داخل مات و تمام اکسیدها (اکسید آلومینیم Al_2O_3، اکسید سیلیسیم SiO_2، اکسید کلسیم آهک CaO، اکسید منیزیم یا مگنزیت MgO، و اکسیدهای آهن FeO و Fe_3O_4) داخل سرباره می‌شوند. همچنین مات مذاب یک حلال عالی برای فلزات قیمتی طلا، نقره و پلاتین می‌باشد.

مات و سرباره به علت اختلاف وزن مخصوص و عدم قابلیت امتزاج از هم جدا می‌شوند. در صورتی که اختلاف بین وزن مخصوصهای مات و سرباره ۱/۵ باشد، جدایی بین آنها خوب اتفاق می‌افتد. همچنین اگر ارتفاع سرباره زیاد باشد زمان عبور ذرات مات از میان لایه سرباره افزایش یافته و عمل جدایش بخوبی صورت نمی‌گیرد و نیز حرارت مشعلها به فازمات خوب منتقل نمی‌گردد و اگر ارتفاع سرباره خیلی کم باشد تداخل مات و سرباره ممکن است ایجاد شده و تلفات مس بیشتر می‌شود.

با توجه به شکل (۱-۱) اجزای مهم کورهٔ ریورب به شرح زیر می‌باشند:



شکل ۱-۱: شکل کورهٔ ریورب

۱- شارژ کوره

۲- مواد فتلینگ (مواد پوششی)

۳- سوخت سنگین (مازوت)

۴- دمنده‌های هوای احتراقی ریورب

۵،۵- خنک کننده آب ورودی و سیستم خنک کنندهٔ آب خروجی

۶- هوپرهای شارژ

۷- مجرای خروج مات

۸- مجرای خروج سرباره

۹- گاز خروجی به طرف بویلر

۱۰- دمپرهای آبی (Up Take)

A: مخازن شارژ کوره

B: مواد فتلینگ

C: فیدرهای نقاله

D: نوار نقاله

F: جرثقیل سقفی

J: فضای داخلی کورهٔ ریورب

H: دریچه‌های مواد فتلینگ

I: مشعل‌ها

K: مجموعهٔ سیستم واترژاکت

L: حفره‌های خروج مات

M: حفرهٔ خروج سرباره

N: مجراهای مات

P; مجرای سرباره

R: مجرای برگشتی سرباره

S: ماشینهای Tap برای بستن مجرای‌مات

V: سرباره برگشتی از کورهٔ کنورتور

۱ - شارژ: مخلوطی از کنستانتره، آهک نرمه (با دانه بندی مشخص) و غبار با درصدهای تعیین شده و چنانچه نیاز باشد از مواد سرد و سیلیس نرمه (با دانه بندی مشخص) نیز استفاده می‌شود.

۲ - مواد فتلینگ: معمولاً در هنگام راه‌اندازی کوره‌ها هر چهار طرف دیوار کوره‌ها را با مواد فتلینگ پوشش می‌دهند تا شوک حرارتی به دیوارها وارد نشود و مواقعی که دستگاه ماشین تاپ خراب است و ما احتیاج داریم مجراها را ببندیم و یا زمانی که حرارت بالاست و این حرارت روی دیوار مشعلها فشار می‌آورد، از این موارد استفاده می‌شود.

۳- سوخت سنگین: در حال حاضر مشعلها با دو نوع سوخت کار می‌کنند، گازوئیل و مازوت. در حالت نرمال، سوخت مشعلها مازوت می‌باشد و در زمان راه‌اندازی کوره پس از تعمیرات و یا طبق برنامه هر ۱۰ روز یکبار برای شستشوی مسیر سوخت کوره‌ها از گازوئیل استفاده می‌شود.

۴- دمنده‌های هوای احتراقی: هوای لازم جهت ارسال به مشعلها، هر مشعلی دو لوله برای هوا دارد، یکی هوای احتراقی و یک لوله هوای پودر کننده جهت پودر کردن سوخت برای بهتر سوختن.

۵- واتر ژاکتها: از واترژاکتها برای خنک کردن سطح بیرونی آجرهای دیوارهای کوره در منطقه مذاب استفاده می‌شود. مسیر آب واترژاکتها شامل دو تانک، دو پمپ، لوله‌های گوناگون و واترژاکتها می‌باشد.

٦- هوپرهای شارژ: در طول هر دیواره کوره (سمت راست و سمت چپ) ۳۲ هوپر وجود دارد که جهت باردهی مواد شارژ به کوره استفاده می‌کنند و چون هوپرها در کناره‌های سقف قرار دارند باعث می‌شوند تا شارژ در کنار دیوارهٔ داخلی بریزد و محافظی برای دیواره‌ها باشد و علاوه برآن از میزان غبار حمل شده توسط محصولات احتراق تا حدود زیادی می‌کاهد.

هوپرهای شماره ۱ تا ۲۰ جهت باردهی مواد شارژ استفاده می‌شود وهوپرهای ۲۰ تا ۳۲ در موارد اضطراری که نتوان مجرای مات و سرباره را بعد از پرشدن پاتیلها بست از این مواد استفاده می‌کنند تا جلوی عبور مذاب را بگیرد. هوپرها را قیفهای شارژ نیز می‌گویند.

۷- مجرای خروج مات

۸- مجرای خروج سرباره (تعداد و مکان این مجراها در پیوست آورده شده است)

۹-گازهای خروجی به طرف بویلر: در اثر عملیات ذوب و انجام واکنشها و عملکرد مشعلها، گاز و گرد و غبار ایجاد می‌شود. این گاز و غبار حاوی آن از طریق بویلرها به بالون فلوها و الکتروفیلترها منتقل می‌شود و از آنجا به دودکش ریورب می‌رود تا در نهایت به اتمسفر وارد شود. آنالیز گازهای خروجی نیز در پیوست ۱ آورده شده است.

۱۰- دمپرهای آبی (Up Take):

مکش کوره به طور اتوماتیک بوسیلهٔ دو دمپر پروانه‌ای که در سمت خروجی گاز هر بویلر حرارتی قرار دارند، کنترل می‌شود.

۲-۱) تجهیزات کوره ریورب

در این مجموعه سعی شده از ذکر تمام تجهیزات صرفنظر کرده و تجهیزات مهم در این کوره را بررسی کرد.

الف) ساختمان کوره ریورب ب) مشعلها ج) لاندر سرباره برگشتی

الف) ساختمان کوره ریورب

۱-کف کوره: کف کوره باید تمامی وزن مذاب را تحمل کند لذا باید سخت و کاملاً متراکم باشد. ضخامت مواد مذاب در روی کف تا ۹۰cm می‌رسد در نتیجه نیروی وزن بزرگ بوده و کف باید مقاومت مکانیکی لازم را داشته باشد و از طرف دیگر چون مات دارای نفوذپذیری بسیار زیاد است، اگر کف کاملاً فشرده نباشد مات به سرعت به درون شکاف و درزهای آن نفوذ کرده و باعث خرابی آن می‌شود.

در کوره‌های ریورب مجتمع مس سرچشمه زیرسازی به ترتیب به این نحو است. خاک رس کوبیده شده، ۱/۶ متر مگنتیت کوبیده شده و ۰/۳ متر مخلوط مگنتیت و سرباره - دلیل انتخاب مگنتیت (Fe_3O_4) جهت کف کوره به دلیل بالا بودن نقطهٔ ذوب آن و نیز خنثی بودن و عدم ترکیب آن با سایر مواد است.

۲- دیوارهای کوره: در کف، ضخامت دیواره‌ها به ۱۰۴-۱۰۲ متر می‌رسد در قسمت پایین کوره