بسم الله الرحمن الرحيم

٤٧٧٠٩

بسمه تعالی

۱۳۸۲ /۵/ ۲۷

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه شده در مرکز

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکدهٔ مهندسی مواد ومتالورژی

عنوان:

بررسی اثرفعالسازی مکانیکی کنسانترهٔ سولفیدی مس سرچشمه بر راندمان حل سازی مس در کلرید فریک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استادراهنما:

آقای دکتر وحدتی

دانشجو:

علیرضا کمالی

۴۷۷۰۹

آبان ماه ۸۱

چکیده

بخش اعظم مس تولیدی درجهان توسط اعمال روشهای پیرومتالورژیکی برروی کنسانتره های سولفیدی مس تهیه می شود.با این وجود،قوانین زیست محیطی ،باعث شده است که فرآیندهای هیدرو متالورژیکی که مستلزم آلودگی کمتری می باشند،روزبروز توسعهٔ بیشتری یابند.دراین تحقیق تاثیر فعالسازی مکانیکی کالکوپریت بر راندمان حل سازی مس در محلول اسیدی کلرید فریک مورد بررسی قرارگرفت.

فعالسازی مکانیکی بااستفاده از یک آسیای گلوله ای ،اثر قابل توجهی بر افزایش راندمان حل سازی مس داشت.با استفاده از این روش،حل سازی کامل مس دریک محلول نسبتا رقیق ازکلرید فریک ودرزمانهای حل سازی نسبتاکوتاه مشاهده شد.

دراین تحقیق رابطهٔ ضریب تاثیر کار مکانیکی با زمان آسیاکاری معین شد.مشاهده شدکه عواملی ازجمله کاهش اندازهٔ ذرات درحین آسیاکاری،درافزایش سرعت حل سازی مس مؤثر می باشند.همچنین مشاهده شد که بازماندهی به کنسانتره پس ازکارمکانیکی ،ازسرعت حل سازی بعدی،کاسته می شود.با انجام کار مکانیکی به مدت ۱٤٤۰ دقیقه ،انرژی فعالسازی از۶۰/۲۳KJ/mol.k در کنسانترهٔ کار نشده به مقدار اندک ۵/۵۶KJ/mol.k کاهش یافت. این امر مبین تسریع شدید واکنش شیمیایی بواسطهٔ افزایش واکنش پذیری سطح وتسریع انتقال جرم بواسطهٔ کاهش مسافتهای نفوذ در ذرات ریز می باشد.در این تحقیق،تشکیل لایه ای ازگوگرد محصول در پیرامون ذرات کنسانتره در خلال حل سازی ،مورد تایید قرارگرفت.همچنین پارامترهایی ازقبیل نسبت حلال به کنسانتره وسرعت همزدن محلول درخصوص کنسانترهٔ کارشده نیز بررسی شد.

تقدیم به همسر مهربانم

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فصل اول : مروری برمنابع علمی		
۱-۱	وضعیت فلز مس	۱
۱-۲	تولید مس در ایران	٤
۱-۳	مقدمه ای بر روشهای پیرو متالورژی وهیدرو متالورژی	۷
۱-٤	هیدرومتالورژی مس	۱۳
۱-٥	حل سازی مستقیم سنگ معدن سولفیدی مس	۱٦
	حل سازی با اسیدسولفوریک غلیظ	۱۸
	حل سازی بوسیلهٔ آمونیاک	۲۰
	حل سازی کلریدی	۲۱
	بازیافت محصول وخلوص	۳۲
	تشکیل گوگرد	۳۳
	اصول حل سازی کالکوپریت درکلرید فریک	۳۷
۱-٦	فعالسازی کالکوپریت	٤٤
	فعالسازی مکانیکی	٤٤
۱-۷	مروری برفرآیند آسیاکاری	٤۸
	فرآیند آلیاژ سازی مکانیکی	٤۸
۱-۷-۲	تشکیل مواد آمورف	٥۱
۱-۷-۳	انواع مختلف آسیاهای گلوله ای مورداستفاده درآلیاژسازی مکانیکی	٥۱
۱-۸	انتخاب محفظه برای انجام فرآیند حل سازی درکلرید فریک	٥۸

عنوان | صفحه

فصل دوم : آزمایشات ونتایج

۲-۱ مواد اولیه ۶۰

تجهیزات مورد استفاده ۶۴

۲-۲ آزمایشات انجام شده ۶۵

۲-۲-۱ بررسی اثرمدت زمان اعمال کارمکانیکی ۶۷

۲-۲-۲ دانه بندی سرندی ۶۹

۲-۲-۳ آزمایشات میکروسکوپی و اشعهٔ ایکس ۷۱

۲-۲-۴ بررسی اثرفاصلهٔ زمانی موجود بین اتمام کارمکانیکی وآغاز حل سازی ۷۸

۲-۲-۵ بررسی اثر دما برکسر مس حل شده ۷۹

۲-۲-۶ بررسی اثر نسبت $FeCl_3/CuFeS_2$ درراندمان حل سازی مس ۸۰

۲-۲-۷ بررسی اثر سرعت همزدن محلول برراندمان حل سازی مس ۸۱

۲-۲-۸ سایر آزمایشات ۸۲

فصل سوم :بحث ونتیجه گیری

۳-۱ بررسی اثر مدت زمان اعمال کارمکانیکی برراندمان حل سازی مس ۸۳

۳-۲ بررسی اثردانه بندی ۹۲

۳-۳ آزمایشات میکروسکوپی و XRD ۹۳

۳-۴ بررسی اثر فاصلهٔ زمانی بین کار مکانیکی وحل سازی ۹۴

۳-۵ اثر دمابر سرعت واکنش ۹۶

۳-۶ بررسی اثرنسبت $FeCl_3/CuFeS_2$ دراندمان حل سازی مس ازکنسانترهٔ ۲۴ساعت کارشده ۱۰۳

۳-۷ بررسی اثر سرعت همزدن محلول بر راندمان حل سازی مس ازکنسانترهٔ ۲۴ساعت کار شده ۱۰۴

۳-۸ نتیجه گیری ۱۰۵

عنوان	صفحه

۹-۳ مواردپیشنهادی جهت تحقیقات بیشتر ۱۰۶

پیوست

پیوست ۱ (انحلال کالکوپریت درHCl) ۱۰۷

پیوست ۲ (آسیاکاری همزمان کلرید فریک وکنسانترهٔ کالکوپریت) ۱۰۸

پیوست ۳ (شرح محاسبهٔ عددریزی دانه درخصوص کنسانترهٔ کارشده) ۱۰۹

منابع ۱۱۷

فهرست جداول

عنوان | صفحه

فصل اول

۱-۱مهمترین سنگهای اکسیدی ۲

۱-۲مهمترین سنگهای سولفیدی ۲

۱-۳منابع وذخایر مس درسطح جهان ۳

۱-٤ظرفیت علمی واسمی محصولات مجتمع مس سرچشمه ٥

۱-٥مهمترین منابع مس موجود درکشورومیزان ذخایرمس محتوی ٦

۱-٦تکنیکهای موجوددرخصوص فعالسازی کالکوپریت ٤۲

۱-۷ارتباط تعداد گلوله ها،تعداد برخوردها وانرژی سینتیکی بوجود آمده ٥٦

فصل دوم

۲-۱ترکیب شیمیایی کنسانترهٔ سولفیدی مس سرچشمه ٦۰

۲-۲توزیع اندازهٔ ذرات درکنسانتره ٦۰

۲-۳تعیین میزان رطوبت موجود درکنسانتره ٦۱

۲-٤نتایج بررسی اثرمدت زمان اعمال کارمکانیکی برراندمان حل سازی مس ٦۹

۲-٥توزیع ذرات درنمونه هایی که بمدت زمانهای مختلف تحت کارمکانیکی قرار گرفته اند ۷۰

۲-٦نتایج بررسی اثر فاصلهٔ زمانی موجود بین اتمام کارمکانیکی وآغازحل سازی ۷۸

۲-۷کسرمس حل شده درخصوص کنسانترهٔ ۲٤ساعت کارشده دردماهای مختلف ۷۹

۲-۸کسرمس حل شده درخصوص کنسانترهٔ کارنشده دردماهای مختلف ۸۰

۲-۹ بررسی اثر نسبت $FeCl_3/CuFeS_2$ درراندمان حل سازی مس ۸۱

۲-۱۰اثر سرعت همزدن محلول برراندمان حل سازی مس ۸۱

عنوان | صفحه

فصل سوم

۳-۱ ضریب تاثیرکارمکانیکی درمقابل زمان آسیاکاری ۸٤

۳-۲عددریزی دانه (gfn) به ازای مدت زمان کارمکانیکی ۹۲

۳-۳معادلات وثوابت سرعت آغازین درخصوص انحلال کنسانترهٔ کارنشده ۹۷

۳-٤ثوابت سرعت لحظه ای درخصوص انحلال کنسانترهٔ کارنشده دردماهای مختلف ۹۸

۳-۵ معادلات وثوابت سرعت آغازین درخصوص انحلال کنسانترهٔ ۲٤ساعت کار شده ۱۰۰

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

فصل سوم

۳-۱ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی : ۰ دقیقه ۸۵

۳-۲ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :۳۰دقیقه ۸۵

۳-۳ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :٦۰دقیقه ۸٦

۳-٤ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :۱۲۰دقیقه ۸٦

۳-٥ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :۱۸۰دقیقه ۸۷

۳-٦ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :۳٦۰دقیقه ۸۷

۳-۷ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :٥٤۰دقیقه ۸۸

۳-۸ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :۹٦۰دقیقه ۸۸

۳-۹ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی :۱٤٤۰دقیقه ۸۹

۳-۱۰ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی .مدت کارمکانیکی : ۱۸۸۰دقیقه ۸۹

۳-۱۱ راندمان حل سازی مس برحسب زمان حل سازی درزمانهای مختلف کارمکانیکی ۹۰

۳-۱۲ راندمان حل سازی مس پس ازگذشت ۳۰دقیقه اززمان حل سازی حسب مدت زمان اعمال کارمکانیکی ۹۰

ضریب تاثیر کارمکانیکی برحسب مدت زمان اعمال کارمکانیکی ۹۱

۳-۱۳ عددریزی دانه درمقابل مدت زمان کارمکانیکی ۹۳

۳-۱٤ راندمان حل سازی مس درمقابل فاصلهٔ زمانی موجود بین اتمام کارمکانیکی وآغازحل سازی ۹٥

۳-۱٥ چگالی نابجاییها برحسب فشار شوک ۹٥

۳-۱٦ کسرمس حل شده درخصوص کنسانترهٔ کارنشده دردماهای مختلف ۱۰۱

۳-۱۷ کسرمس حل شده درخصوص کنسانترهٔ کارنشده دردماهای مختلف ۱۰۱

۳-۱۸ LnK0 درمقابل 1/T درخصوص کنسانترهٔ کارنشده ۱۰۲

۳-۱۹ LnK0 درمقابل 1/T درخصوص کنسانترهٔ۲٤ ساعت کارشده ۱۰۲

۳-۲۰ راندمان حل سازی مس درمقابل زمان حل سازی درنسبتهای مختلف حلال به کنسانتره ۱۰۳

۳-۲۱ راندمان حل سازی درمقابل سرعت همزدن ۱۰٤

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

فصل اول

۱-۱نمایی عمودی ازیک آسیای گلوله ای ماهواره ای ۵۲

۲-۱نمایی عمودی ازیک آسیای گلوله ای افقی ۵٤

۳-۱نمایی ازمقطع عمودی یک آسیای افقی کنترل شده بوسیلهٔ نیروی مغناطیسی ۵۵

٤-۱نمایی ازیک آسیای گلوله ای سیاینده ۵۷

فصل دوم

۱-۲تصویرSEMازپسماند حل سازی کنسانترهٔ کالکوپریت ۷۱

۲-۲آنالیز کیفی اخذ شده ازپسماند حل سازی کنسانترهٔ کالکوپریت ۷۲

۳-۲تصویرSEM ازکنسانترهٔ کارنشده ۷۳

٤-۲تصویرSEM ازکنسانترهٔ کارشده بمدت ۳ ساعت ۷٤

۵-۲تصویرSEM ازکنسانترهٔ کارشده بمدت ۲٤ ساعت ۷۵

٦-۲الگوی پراش اشعهٔ ایکس درخصوص کنسانتره کارنشده ۷٦

۷-۲الگوی پراش اشعهٔ ایکس درخصوص کنسانترهٔ ۲٤ساعت کارشده ۷۷

فصل اول

مروری بر منابع علمی

۱-۱ وضعیت فلز مس

مس یکی از مفید ترین و پر مصرف ترین عناصر فلزی است و گفته می شود که اولین فلز کشف شده توسط بشر می باشد.از آثار بدست آمده می توان آسیای مرکزی و ترکستان را به عنوان مبدا ءپیدایش مس در جهان محسوب کرد[۱].

عمده ترین خواص مس عبارت است از هدایت حرارتی و الکتریکی زیاد ، مقاومت به خوردگی وماشین کاری مناسب ،افزایش استحکام با کار سرد ، قابلیت ساخت ، غیر مغناطیسی بودن ، رنگ دلپذیر ، قابلیت مناسب در جوشکاری ولحیم کاری می باشد.همچنین می توان با افزودن عناصر فلزی دیگری به آن ، به خواص مطلوب و دلخواه دست یافت.

منابع جهانی مس شامل کلیه مواد طبیعی حاوی مس است که در درون یا برون پوسته زمین یافت می شوند که در صورت به صرفه بودن استخراج آنها در شرایط کنونی ، ذخائر نامیده می شوند.

بر خلاف آهن وآلومینیوم ،مس از نقطه نظر ژئوشیمی ،عنصری کمیاب است.بعد از آهن و آلومینیوم ،مس مهمترین فلز صنعتی در جهان به شمار می رود.با این وجود میزان تخمینی آهن ، آلومینیوم و مس در پوستهٔ جامد زمین به ترتیب ۵،۸/۸ و ۰/۰۰۶ درصد می باشد.ذخائر سنگ آهن محتوی ۲۲ تا ۵۵ درصد آهن و ذخائر آلومینیوم (بوکسیت)محتوی ۲۲/۵ تا۲۷/۵ درصد آلومینیوم است . اما ذخائر مس تنها دارای ۰/۵ تا۶ درصد مس می باشد[۲].مس به سه صورت در طبیعت یافت می شود:

سنگهای اکسیدی

سنگهای سولفیدی

مس طبیعی

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۱- سنگهای اکسیدی

این سنگها بیشتر در سطح قشر زمین وجود دارند و تغییرات جوی و فعل و انفعالاتی که در طبیعت صورت می گیرد، باعث می شود که سنگهای سولفیدی تبدیل به سنگهای اکسیدی شوند که بیشتر از کربنات طبیعی ، اکسیدها ، سولفاتها و گاه سیلیکاتها تشکیل شده اند . مهمترین این سنگها در جدول ۱-۱ معرفی شده اند .

جدول ۱-۱:مهمترین سنگهای اکسیدی

سنگهای اکسیدی	فرمول شیمیایی	مقدار درصد	شبکه کریستالی	وزن مخصوص
کوپریت(cuperite)	Cu_2O	۸۸/۸	مکعب	٦/۱٥
تنوریت(Tenorite)	CuO	۷۹/۹	مونو کلینیک	٦/٤
ازوریت(Azurite)	$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$ یا $2CuCO_3.Cu(OH)_2$	٥٥/۳	مونو کلینیک	۳/۸
مالاکیت(Malachite)	$CuCO_3.Cu(OH)_2$	٥۷/٥	مونو کلینیک	٤/۰
بروکانتیت(Brocantite)	$(CuCO_4)_3.Cu(OH)_2$	٥٦/۲	مونو کلینک	٤/۰
کالکانتیت(chalkantite)	$CuSO_4.5(H_2O)$	۲٥/٥	تری کلینیک	۲/۲تا۲/۳
کریزوکل(chrysocolla)	$CuSiO_3.2(H_2O)$	۳۰ تا ۳٦	آمورف	۱/۹ تا ۲/۳

۲- سنگهای سولفیدی

سنگهای سولفیدی بر عکس سنگهای اکسیدی ، در عمق بیشتری از قشر زمین قرار گرفته اند . قسمت اعظم سنگهای مس را سنگهای سولفیدی تشکیل می دهد.مهمترین این سنگها در جدول ۲-۱ گزارش شده است.عیار مس در کانه های سولفیدی ۰/۵ تا ۲ درصد است.

جدول۲-۱:مهمترین سنگهای سولفیدی

سنگهای سولفیدی	فرمول شیمیایی	مقدار مس	شبکه کریستالی	وزن مخصوص
کلکوزیت	Cu_2S	۷۹/۹	ارتور مبیک	٥/٥تا۸/٥
کوولیت	CuS	٦٦/٥	هگزا گونال	٤/۷
کالکو پریت	$CuFeS_2$	۳٤	ترا گونال	٤/۱ تا ٤/۳
بورنیت	$CuFeS_4$	٥٥/٥ تا ٦۹/۷	ترا گونال	٤/۹ تا ٥/۳
انارژیت	Cu_3AsS_4	٤/٤۸	ارتور مبیک	٤/٤ تا ٤/٥

۳- مس طبیعی

مس گاهی به صورت آزاد در طبیعت یافت می شود . چنین مسی حتی تا درجه خلوص ۹۹/۹۲ درصد می تواند وجود داشته باشد.منابع و ذخائر تخمین زده شده مس در جدول ۳-۱ارائه شده است[۳].

بر آوردی که در سال ۱۹۹۱ انجام شده است ،نشان می دهد که ذخیره احتمالی مس ۲٤۰۰ میلیون تن (مس محتوی) است ، اما منابع مس شناخته شده در جهان ۵۰۰ میلیون تن تخمین زده می شود.لذا امکان تامین مس برای ۸۰ سال دیگر فراهم است . این در حالی است که برآورد میزان ذخائر مس، هر سال در حال افزایش میباشد[۲].

جدول ۳-۱ منابع و ذخائرمس در سطح جهان (واحد:میلیون تن)

مناطق مورد بررسی	منابع اولیه	ذخائر پایه	ذخائر قابل استخراج
کانادا	۱٤۱	۳۲	۱۵
مکزیک	-	۲۳	۱۷
ایالات متحده	۳۸۲	۹۰	۵۷
سایر	۵۷	۱۵	۱
کل آمریکای شمالی و مرکزی	۵۸۰	۱٦۰	۹۰
شیلی	۲٦۹	۹۷	۷۹
پرو	٦۸	۳۲	۱۲
سایر	۷۳	۱۲	۳
کل آمریکای جنوبی	٤۱۰	۱٤۰	۹۵
کل اروپا	۵۸	۷۰	۵۰