دانشگاه شهید چمران اهواز
انجمن آهن و فولاد ایران
گروه ملی صنعتی فولاد ایران

سمپوزیوم فولاد ۸۷
۱۳ و ۱۴ اسفند ماه ۸۷
اهواز - دانشگاه شهید چمران

امکان سنجی فرآوری کانسنگ آهن اسمالون توسط روش جدا یش مغناطیسی

مریم محمودی[۱]، سید مهدی حسینی[۲]، خداکرم غریبی[۳]، فائزه دارابیان[۴]
۱- دانشجوی دانشگاه یزد
۲- مرکز تحقیقات مواد پیشرفته- دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۳- هیئت علمی دانشگاه یزد
۴- دانشجوی دانشگاه کرمان

چکیده

کانسار آهن اسمالون در ۱۴۵ کیلومتری جنوب غربی یزد در مرکز ایران قرار گرفته است. این کانسار یکی از معدود کانسارهای پلاسر آهن در ایران است. مطالعات اولیه فرآوری این کانسار به منظور پیشنهاد روش مناسب فرآوری پس از مطالعات اکتشافی نیمه تفضیلی این کانسار آغاز گردیده است. بر اساس مطالعات کانی شناسی عمده کانی آهن دار این کانسنگ مگنتیت است. بر این اساس عیار کانسنگ ۱۸/۶ در صد براورد شده است. به دلیل درصد بالای کانی‌هایی که خواص مغناطیسی مشخصی دارند، بهترین روش جدایش، روش جدایش مغناطیسی پیشنهاد گردیده و بدین منظور آزمایش‌های متعددی برای شناخت خصوصیات مغناطیسی کانسنگ توسط لوله دیویس، جدا کننده مغناطیسی‌تر (از نوع استوانه ای) و جدا کننده شدت متوسط خشک(از نوع استوانه ای) صورت گرفته است. مطالعات فرآوری انجام شده به روش مغناطیسی با استفاده از جدا کننده لوله دیویس و جدا کننده استوانه ای شدت کم به روش تر بیانگر آن است که امکان دسترسی به کنسانتره ای مگنتیتی با عیار متوسط بالای ۶۳ درصد و بازیابی ۶۵ درصد وجود دارد.

کلمات کلیدی: جدایش مغناطیسی، لوله دیویس، جدا کننده استوانه ای شدت کم، فرآوری، کانسنگ آهن.

[2] Ng_Kg2000@yahoo.com

مقدمه

آهن یکی از مهمترین عناصری است که در زندگی بشر از زمان گذشته تا حال نقش مهم و اساسی را ایفا نموده است. کانسنگ آهن اسمالون که در ۱۴۵ کیلومتری جنوب غربی یزد در مسیر جاده یزد- مروست قرار گرفته است، یکی از معدود ذخایر پلاسر آهن در ایران محسوب می‌گردد. از نظر جغرافیایی این منطقه در غرب جغرافیایی با مختصات ۵۹/۱۰۴ و طول جغرافیایی ۲۹۸/ ۵۴قرار گرفته است [۳].

این کانسار در آبراهه ای به طول ۴/۵ کیلومتر و عرض متوسط ۵۰ متر و ضخامت متوسط آبرفتی ۱۵ متر قرار گرفته وعلاوه بر عنصر اصلی آن آهن، شامل مقادیر متنابهی از عناصر تیتانیم و استرانسیم و عناصرنادر خاکی است که می‌تواند در آینده بعنوان محصولات ثانویه کانسنگ استخراج و مورد استفاده قرار گیرد [۳].

انتخاب و طراحی یک روش مناسب برای فرآوری یک کانسنگ آهن خاص به منظور پر عیار سازی اولیه و یا نهایی و دست یابی به کنسانتره آهن با عیار و بازیابی قابل قبول، یکی از مهمترین مراحل تصمیم‌گیری در امر طراحی تاسیسات پر عیار سازی به شمار می‌رود. در طراحی یک خط فرآوری عوامل زیادی دخیل هستند [۱]. برای ارزیابی هرچه بیشتر و دقیق تر خصوصیات کانسنگ اسمالون و بدست آوردن اطلاعات، آزمایش‌های متعددی با روش‌ها و دستگاه‌های مختلف مغناطیسی به شرح زیر انجام پذیرفته است.

۱-نمونه برداری ۲- تجزیه شیمیایی ۳- مطالعه کانی شناسی و میکروسکوپی ٤- بررسی دانه بندی و توزیع عناصر مختلف ٥- آزمایش‌ها (مغناطیسی شدت پایین تر و خشک و لوله دیویس). ٦ - نتیجه گیری

روش تحقیق

نمونه برداری

یکی از مهمترین و اساسی ترین پارامترهای لازم در فرآوری یک کانسنگ، نمونه گیری دقیق و سیستماتیک از ذخایر معدنی است. نمونه تهیه شده باید از هر نظر معرف باشد [۷]. برای این منظور از این کانسنگ حدود ۲۵۰ کیلو گرم نمونه بر اساس روش‌های استاندارد نمونه برداری از کارهای اکتشافی و استخراجی حفر شده در منطقه (چاهک‌ها و ترانشه و چاه) برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل گردیده و توسط روش تقسیم متوالی نمونه، این میزان نمونه به تعدادی نمونه با وزن و حجم کوچکتر تقسیم شده

است (حدود ۳ کیلوگرم). از این نمونه‌های همگن و معرف بمنظور انجام آزمایش‌های کانی شناسی و فرآوری استفاده شده است.

تجزیه شیمیایی

بمنظور مطالعات شیمیایی ۶ نمونه از بین نمونه‌های همگن و معرف انتخاب گردیده است و برای شناسایی ترکیب و فازهای تشکیل دهنده این کانسنگ راهی آزمایشگاه شیمیایی شده اند. آزمایش‌های شیمیایی شامل آزمایش توسط روش XRD و XRF است.

با انجام آزمایش‌های XRD مشخص گردیده است که فاز اصلی تشکیل دهنده این کانسنگ شامل کانی‌های مگنتیت، هماتیت، گوتیت، کوارتز، کلسیت و فاز فرعی شامل فلدسپار، پیروکسن است. در نتایج آزمایش‌های XRF مشاهده گردیده است که ترکیبات متشکل از عناصر آهن، سیلیسیم، کلسیم، منیزیم بیش از ۸۵ درصد کانسنگ اسمالون را تشکیل داده است (جدول ۱).

مطالعات میکروسکوپی

پس از مطالعه تجزیه شیمیایی نمونه، مطالعات کانی‌شناسی و میکروسکوپی بر روی نمونه‌های برداشت شده انجام شده است. در مورد این کانسنگ به دلیل ژنز آن، مطالعات میکروسکوپی با مشکلات خاص خود همراه بوده و این امکان را مشکل منموده است [۴]. با این وجود با تهیه تعدادی مقطع و مطالعه آنها مشاهده گردیده که عمده کانی آهن دار در کانسنگ، کانی مگنتیت است که به همراه آن کانی‌های آهن دار دیگر چون هماتیت نیز دیده می‌شود. در بعضی نمونه‌ها مشاهده گردیده است که کانی مگنتیت با کانی‌های کلسیت و کوارتز بصورت درگیر وجود دارد. عمده کانی سیلیسیم دار، کوارتز است. کلسیم بیشتر بصورت کانی کلسیت مشاهده می‌گردد. با بررسی در فراکسیون‌ها مختلف مشاهده گردیده است که با کاهش ابعاد ذرات میزان درگیری کانی مگنتیت با کانی‌های دیگر بخصوص کانی‌های گانگ کاهش می‌یابد.

دانه بندی و توزیع عناصر مختلف

یکی از مهمترین و اساس ترین مراحل بررسیها ی آزمایشگاهی، تعیین دانه بندی نمونه است. طراحی خط خردایش و کنترل جدایش مغناطیسی وافزایش کارایی آنها و...در گرو شناسایی دقیق دانه‌بندی کانسنگ است. بر این اساس کانسنگ اسمالون نیز مورد مطالعات دانه بندو توزیع عناصر قرار گرفته است.

بر اساس داده‌های جمع آوری شده از نتایج آنالیز سرندی، نمودار توزیع دانه بندی این کانسنگ ترسیم گردیده است شکل ۶. بر اساس نمودار ترسیم شده، نتایج زیر حاصل گردیده است : الف- d_{80}

نمونه در حدود ۱۲/۶ میلیمتر است. ب – کمتر از ۱۰ درصد ذرات کوچکتر از ۷۵ میکرون هستند. پ – عیار آهن در تمام فراکسیون‌ها تقریبا" یکسان است و در هیچکدام از فراکسیون‌ها تمرکز خاصی ملاحظه نمی‌شود.

نتایج و بحث

آزمایش‌های مقدماتی جدایش مغناطیسی

به‌منظور بدست آوردن اطلاعت کافی و قابل اعتماد و تعیین بعضی از پارامترهای مورد نیاز در فرآوری این کانسنگ انجام یکسری آزمایش‌ها ضروری به نظر می‌رسد. از پارامترهای مهمی که باید برای انجام محاسبات و طراحی فرآیند فرآوری با استفاده از روش جدایش مغناطیسی مشخص گردند، می‌توان از وضعیت کانی‌ها به لحاظ مغناطیسی، وجود ذرات با خواص مغناطیسی مشابه، ابعاد مناسب برای جدایش بهینه ذرات مورد نظر و تولید کنسانتره قابل قبول، راندمان و... یاد نمود [۸و۱۰].

برای دستیابی به این اهداف در کانسنگ اسمالون آزمایش‌های لوله دیویس و شدت پایین در دو حالت تر و خشک در ابعاد مختلف دانه بندی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته است. در تمام روش‌ها، پس از انجام آزمایش‌ها مورد نظر، باطله و کنسانتره جمع آوری و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه در خشک کن، خشک شده و به آزمایشگاه تجزیه شیمیایی فرستاده شده اند.

آزمایش توسط لوله دیویس

شدت میدان مغناطیسی مورد استفاده در لوله دیویس برای جدایش ذرات مغناطیسی در حدود ۴۰۰۰ گاوس انتخاب شده است [۱۱]. آزمایش‌ها در دو بخش انجام گرفته است. در بخش اول نمونه بدون اولیه و بدون خردایش و در بخش دوم نمونه پس از انجام خردایش مورد مطالعه قرارگرفته است. نتایج آزمایشگاهی نشان دهنده افزایش مقدار آهن در کنسانتره در هر دو شرایط آزمایشی است. این میزان افزایش در حالت بدون خردایش در حد قابل قبول نیست و علاوه بر آن راندمان در این نمونه‌ها همزمان با افزایش مقدار آهن کاهش می‌یابد (شکل ۱). با انجام خردایش مشاهده می‌گردد علاوه بر افزایش مناسب مقدار آهن، راندمان نیز در مقدار قابل تغییر می‌نماید (شکل ۱). مقدار اکسید سیلیسیم با کاهش ابعاد دانه‌بندی کاهش چشمگیری از خود نشان می‌دهد و این روند کاهشی همچنان با کاهش ابعاد دانه بندی ادامه می‌یابد (شکل ۲). با آسیا نمودن دانه‌های بزرگتر از ۴ مش و انجام تستها ی مغناطیسی، افزایش مقدار آهن و کاهش مقدار اکسید سیلیسیم به مراتب بیشتر از ذرات خرد شده کوچکتر از ۴ مش مشاهده می‌گردد. درصد گوگرد، در وضعیت قبل از خردایش و بعد از خردایش نسبتا ثابت مانده است و در

بعضی از فراکسیون‌ها کاهش نسبتا مناسبی از خود نشان داده است. با این وجود در مورد ذرات خرد شده با ابعاد بزرگتر از ۴ مش، افزایش مقدار گوگرد همزمان با کاهش ابعاد دانه‌بندی مشاهده می‌شود. تغییرات مقدار فسفر در تمام وضعیت‌ها، دارای تغییرات مناسبی است و همراه با کاهش ابعاد دانه بندی مقدار اکسید فسفر نیز به مرورکاهش می‌یابد (شکل‌های ۵ و۴).

آزمایش‌های شدت کم تر

شدت مغناطیسی مورد استفاده برای جداکننده‌های تر شدت کم، ۱۲۰۰ گاوس بوده است [۱۱و۱۲]. در این آزمایش‌ها مانند آزمایش‌های انجام شده توسط لوله دیویس، آزمایش‌ها در دو بخش انجام شده است که شرح این آزمایش‌ها در قسمت گذشته آمده است. بر این مبنا تغییرات مقدار آهن در هر کدام از وضعیت‌ها بسیار زیاد مشابه تغییرات آهن در لوله دیویس است شکل۱. در مورد تغییرات مقادیر اکسید سیلیسیم، روند کاهشی قابل مشاهده است که البته نسبت کاهش در این وضعیت نسبت به لوله دیویس همزمان با کاهش ابعاد از شیب تغییرات کاهشی کمتری برخوردار است. تغییرات مقدار گوگرددر نمونه بدون خردایش مشابه دیویس است اما در نمونه خرد شده در دانه بندی کوچک تغییرات مقدار گوگرد در جداکننده استوانه ای عکس جداکننده لوله دیویس عمل می‌نماید و مقدار گوگرد افزایش یافته است. تغییرات مقدار فسفر نشان دهنده یک تغییر مشابه با تغییرات مقدار فسفر در دستگاه لوله دیویس را نشان می‌دهد (شکل۵).

آزمایش‌های شدت متوسط خشک

با انجام تعدادی آزمایش توسط جدا کننده استوانه ای شدت متوسط خشک این موضوع آشکار گردیده است که این دستگاه توانایی لازم در افزایش مقدار آهن و کاهش مقدار اکسید سیلیسیم را ندارد (شکل۳). در مورد مقادیر اکسید گوگرد و فسفر نتایج نسبتا مناسبی گرفته شده است که می‌تواند در جای خود دارای اهمیت باشد.

نتیجه‌گیری

۱- کانسار آهن اسمالون یکی از کانسارهای پلاسر است که کانی آهن دار آن به طور عمده مگنتیت و هماتیت است.

۲ – مطالعات فرآوری انجام شده به روش مغناطیسی با استفاده از جدا کننده لوله دیویس و جدا کننده استوانه ای به روش تر بیانگر آن است که امکان دسترسی به کنسانتره ای مگنتیتی با عیار متوسط بالای ۶۳ درصد و بازیابی ۶۵ درصد وجود دارد.

۳ – با انجام جدایش ابعادی توسط سرند امکان رسیدن به محصولی با عیار قابل قبول وجود ندارد.

٤– با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه روش جدایش مغناطیسی روشی کارامد در مورد این کانسار تشخیص داده شده است.

مراجع

[۱] حسین نعمت اللهی، "کانه آرایی جلد ۱ و ۲، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، بهار ۱۳۸۴ .

[۲] سید علی فاطمی‌اردکانی، "امکان سنجی بازیابی آهن از باطله کارخانه کانه آرایی معدن چادرملو"، پروژه کارشناسی، زمستان ۸۴.

[۳] غلامرضا نعیمیان، "گزارش عملیات اکتشافی معدن سنگ آهن اسمالون"، سازمان صنایع و معادن استان یزد، تابستان ۸۵.

[۴] بهرام رضایی، "تکنولوژی فرآوری مواد معدنی (پرعیار سازی به روش مغناطیسی) "، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ اول، ۱۳۷۸.

[۵] ضرغام معزز لسکو، "کانی شناسی غیر سیلیکات‌ها "، انتشارات واژگان خرد، چاپ اول، ۱۳۸۱.

[۶] علی اصغر، حسنی پاک، "نمونه برداری معدنی "، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ۱۳۸۰.

[7] A. L. Mular, D. H. Drek j. Barratt, "Mineral Processing Plant Design, Practice and Control",SME,2002.

[8] www.ngdir.ir.

[9] Nuray Karapinar," Magnetic Separation of Ferrihydrite from Wastewater by Magnetic Seeding and High-Gradient Magnetic Separation", International Journal of Mineral Processing, Volume 71, Issues 1-4, 22 September 2003, pp. 45-54.

[10] Leon Y. Sadler, Chandra Venkataraman, "A process for enhanced removal of iron from bauxite ores" International Journal of Mineral Processing, Volume 31, Issues 3-4, June 1991, pp. 233-246.285.

[11] J. G. Rayner, T. J. Napier-Munn, "The Mechanism of Mmagnetics Capture in the Wet Drum Magnetic Separator", Minerals Engineering, Volume 13, Issue 3, March 2000, P. 277.

[12] J. L. Watson, Zhicheng Li, "Application of Magnetic Forces to Disk Vacuum Filtration in the Llaboratory and Plant", Minerals Engineering, Volume 12, Issue 10, October 1999, pp. 1253-1262.

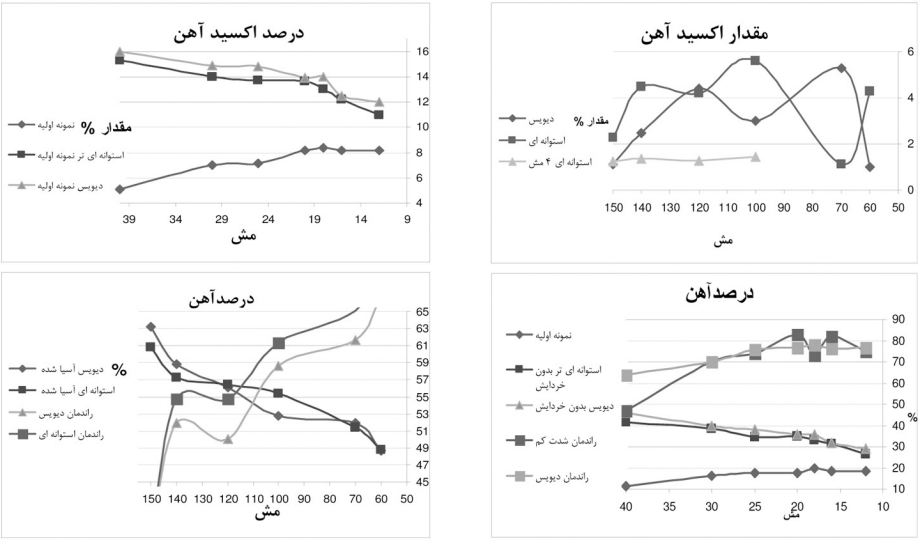
[13] H. D. Wasmuth, K. -H. Unkelbach," Recent Developments in Magnetic Separation of Feebly Magnetic Minerals", Minerals Engineering, Volume 4, Issues 7-11, 1991, pp. 825-837.

جدول ۱. نتایج آنالیز XRF.

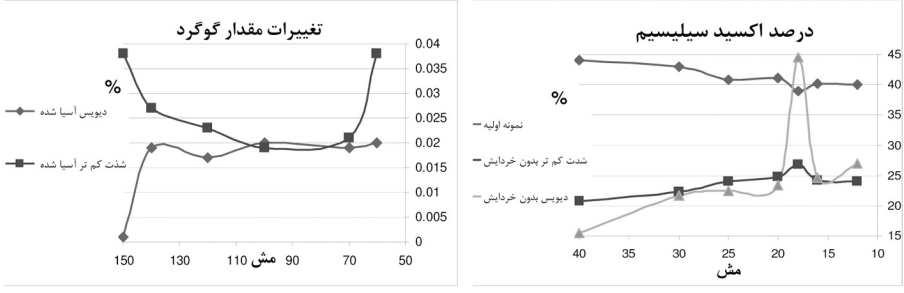
Aample	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5	SO_3	SiO2
A11	۱۷/۲۲	۱۵/۶۶	۰/۱۴۵	۰/۰۱۰	۴۴/۴۰
A12	۱۹/۲۷	۱۴/۷۲	۰/۱۴۸	۰/۰۰۷	۴۲/۵۸

جدول ۲. نتایج بررسی‌های XRD

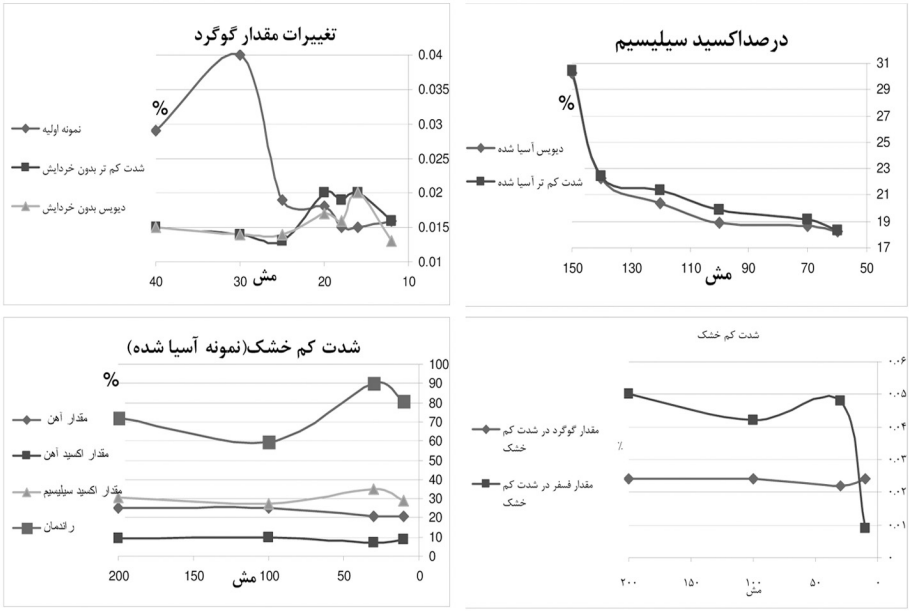
فاز	اصلی	فرعی
کانی	مگنتیت، هماتیت، کوارتز	هورنبلند، پیروکسن، آمفیبول کلسیت



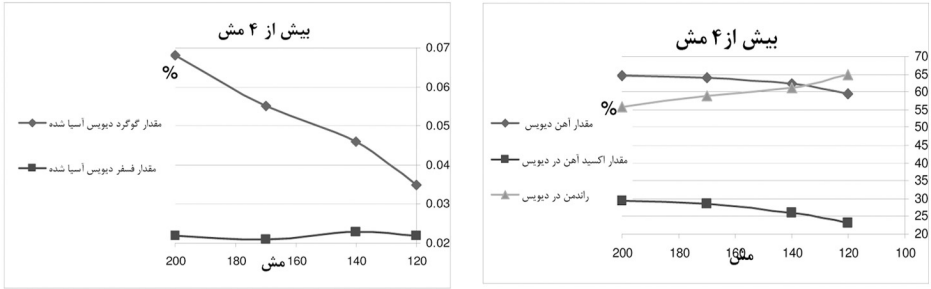
شکل ۱. مقادیر آهن و اکسید آهن در کنسانتره نمونه بدون خردایش و نمونه خرد شده در لوله دیویس و جدا کننده.



شکل ۲. نتایج بدست آمده در آزمایش‌های انجام شده با دستگاه لوله دیویس.



شکل ۳. نتایج بدست آمده در آزمایش‌های انجام شده با دستگاه استوانه‌ای شدت متوسط.



شکل ٤. نتایج حاصل شده از آزمایش‌های لوله دیویس بر روی مواد بزرگتر از ٤ مش.