



کانه آرایی کانه کبالت تیدر اقلید فارس به روش فیزیکی

دکتر محمود عبدالله‌ی^۱، سید محمدسید علیزاده گنجی^{۲*}، محمد مهدی فرهپور^۳

۱- استاد پار دانشگاه تربیت مدرس، گروه معدن

۲- عضو هیات علمی دانشگاه لرستان ، گروه معدن(سخنران)

۳- عضو هیات علمی دانشگاه لرستان ، گروه زمین شناسی

۲- Ganji.۱۱۲۲۴۵@yahoo.com

۳- mehfarah@yahoo.ca

چکیده:

کانسار کبالت تیدر اقلید فارس یکی از ذخایر شناخته شده نیکل و کبالت در کشور است که در ۱۷ کیلومتری شمالغرب اقلید فارس قرار دارد و از نظر ذخیره در رده ذخایر کوچک و از نظر عیار در رده ذخایر متوسط به بالا طبقه بندی گردید. بطور متوسط این کانسار حاوی ۰/۱ درصد کبالت و ۰/۰۶ درصد نیکل بوده و کانیهای باطله آن عمدتاً سیلیس و اکسیدهای آهن می باشد. در این تحقیق نحوه پیش فرآوری کبالت به روشهای فیزیکی (میز لرزان و جداکننده مغناطیسی) از سنگ معدن تیدر اقلید فارس مورد بررسی قرار گرفت.

در استفاده از روش میز لرزان با توجه به پایین بودن نسبت معیار جدایش بین اکسیدهای آهن و سیلیس جدایش قابل توجهی از نظر عیار و بازیابی حاصل نشد و در نهایت برای پیش فرآوری کانه روش مغناطیسی (دستگاه مغناطیسی ترشیت بالا) مورد استفاده قرار گرفت که عیار و بازیابی کبالت بخش ۵۰+۴۰۰-مش به ترتیب ۰/۱۸ و ۸۳ درصد شد. بر این اساس روش مغناطیسی ترشیت بالا بهترین روش پیش فرآوری کبالت در کانسار تیدر اقلید فارس پیشنهاد گردید.

کلید واژه : بازیابی، کبالت، میز لرزان، جدایش مغناطیسی، استان فارس، معدن تیدر اقلید

۱- مقدمه :

امروزه در دنیای صنعت کمتر کسی است که به ارزش کبالت پی نبرده باشد. کاربردهای گوناگون که روز به روز برای این فلز پیدا می شود باعث می گردد که صنعتگران بهای بیشتری برای آن قائل شوند. کبالت در تهیه شیشه های رنگی بویژه رنگهای آبی، همچنین در صنایع لعابکاری برای ایجاد رنگهای آبی و افزایش چسبندگی به فولاد کاربرد وسیع دارد از دیگر موارد مصرف، می توان به استفاده کبالت در ساخت

* خرم آباد، خیابان فلک افلاک، دانشگاه لرستان، ریاست کتابخانه مرکزی.



مغناطیس‌های دائمی (از خصوصیات مهم این مواد مغناطیس این است که در درجه حرارت‌های بالای ۹۰۰-۱۰۰۰ درجه سانتیگراد خاصیت خود را حفظ می‌کنند) و ساخت آلیاژهای بسیار مقاوم و سخت اشاره کرد همچنین ترکیبات آن در ساخت وسایل و لوازم آرایشی، دندانپزشکی، داروسازی، صنایع غذایی و غیره کاربرد دارد [۳]؛ لذا تأمین کیالت مورد نیاز از منابع موجود در داخل کشور نه تنها نیاز صنایع را تأمین می‌کند بلکه از خارج شدن مقدار قابل توجهی ارز از کشور نیز می‌تواند جلوگیری بکند. به همین دلیل کانه آرایی کانسار تیدر اقلید فارس به عنوان یک پتانسیل کیالت مورد توجه و بررسی قرار گرفته است که نشان دهنده اهمیت این فلز در صنعت کشور می‌باشد.

۲-شناسائی نمونه :

برای تشخیص نوع کانیهای کانستنگ، عیاراکسیدهای آن، نحوه پراکندگی کیالت در دانه بندی‌های مختلف و نوع منشاء کانستنگ در نمونه به ترتیب از روش‌های XRD (جهت آنالیز کیفی)، جذب اتمی (جهت آنالیز کمی)، آزمایش تجزیه سرندي و مطالعات مقطع صیقلی استفاده گردید. نتایج مطالعات فوق به شرح زیر است:

جدول (۱) نتایج آنالیزشیمیایی نمونه اولیه به روش جذب اتمی

عناصر و ترکیبات اکسیدی	عيار (%)
Co	۰/۱
Ni	۰/۰۶
SiO _۲	۴۹/۷۳
Fe _۲ O	۲۴/۴۶
۷	
MnO _۲	۰/۷۸
Al _۲ O _۳	۱۱/۵۷
MgO	n.d
CaO	۳/۵۲
P _۲ O _۵	۰/۲
Na _۲ O	۱/۳
K _۲ O	/۰۶
L.o.I	۱
	۷/۸

**XRD - روش ۱-۲**

کانیهای اصلی تشکیل دهنده ماده معدنی با استفاده از روش XRD به ترتیب فراوانی کوارتز، هماتیت، مسکویت و هالویزیت تشخیص داده شد.

۲- روش جذب اتمی

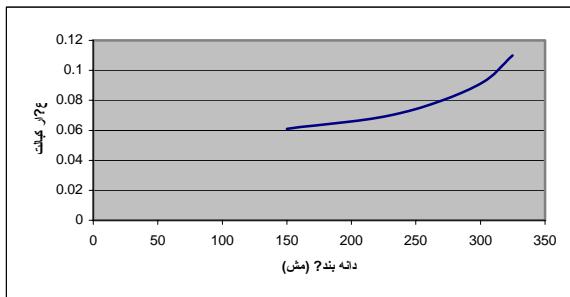
یک نمونه معرف طبق روش‌های استاندارد تهیه نمونه [۴۰] نمونه گیری و با دستگاه جذب اتمی آنالیز شد. نتایج درصد عناصر موجود در کانه بطور خلاصه در جدول (۱) ارائه شده است.

۳- تجزیه سرندی

۳ کیلوگرم از نمونه اولیه بوسیله آسیای میله ای به روش تر به مدت ۷ دقیقه مورد خردایش قرار گرفت سپس جهت تعیین عیار و نحوه پراکندگی کبالت در بخش‌های مختلف دانه بندی از سرنهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۲۵ به روش تر عبور داده شد. نتایج حاصل از تجزیه سرندی در جدول (۲) و شکل (۱) نشان داده شده است.

جدول (۲) نتایج تجزیه سرندی نمونه اولیه کانسنگ کبالت

کبالت (%)		درصد وزنی روی هر سرند (مش)	شماره سرند (مش)
توزیع	عيار		
۸/۴۴	۰/۰۶۱	۱۳/۶۱	-۱۰۰+۲۰۰
۶/۴۳	۰/۰۷۱	۹/۰۰	-۲۰۰+۲۷۰
۵/۶۰	۰/۰۹۰	۶/۲۳	-۲۷۰+۳۲۵
۷۹/۳۹	۰/۱۱	۷۱/۰۰	-۳۲۵
۱۰۰	۰/۱	۱۰۰	جمع



شکل (۱) نمودار تجزیه سرندي کانسنگ کبالت.

با توجه به نتایج آزمایش فوق می توان نتیجه گرفت که :

- ۱- روند افزایش عیار کبالت با کاهش ابعاد ذرات کاملاً مشهود است.
- ۲- تغییرات عیار کبالت در دانه بندی های مختلف بقدرتی نیست که بتوان به کمک تجزیه سرندي جدایش صورت داد.

۴-۲- مطالعات میکروسکوپی

هماتیت یکی از کانیهای اصلی تشکیل دهنده ماده معدنی با حفظ قالب اولیه خود به اکسیدهای ثانویه و آبدار آهن تبدیل شده است و کانیهای گوتیت و لیمونیت به شکل ذرات و لکه های غیرهندسی درون آن جای گرفته است. تشکیل لیمونیت با آب مولکولی فراوان نشان دهنده آلتراسیون پیشرفته کانی هماتیت می باشد. چون با مطالعات میکروسکوپی هیچ یک از کانیهای کبالت مشاهده نشد لذا با دستگاه الکتروپریوب میکرو آنالیزور مطالعه و نتایج زیر حاصل شد [۳]:

- ۱- ترکیبات کبالت به شکل پراکندگی مولکولی همراه اکسیدهای ثانویه آهن در تمام قسمتهای نمونه وجود دارد و در بعضی قسمتهای از تراکم زیادی برخوردار می باشد ولی تراکم آن در حدی نیست که نشانگ وجود قطعه و یا ذره ای از نوعی کانی این عنصر به شکل کاملاً متراکم و بلوری باشد .
- ۲- کبالت به شکل کانی بوده اما ذرات آن بسیار ریز و ساب میکروسکوپیک است که بصورت تجمع مولکولی در بین مولکولهای آهن استقرار یافته است.

۳- روش جدایش مغناطیسی

با توجه به نتایج بدست آمده از قسمت های فوق مشخص می شود که سیلیس و هماتیت کانیهای اصلی موجود به ترتیب فراوانی هستند. از طرفی بعلت همراهی کبالت با هماتیت نتیجه گرفته



می شود که برای پیش فرآوری کبالت باید جدایش سیلیس به عنوان یک باطله اصلی از هماتیت مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور روش‌های نقلی و مغناطیسی مورد بررسی قرار گرفت. در روش جدایش با میز لرزان با توجه به پایین بودن نسبت معیار جدایش بین اکسیدهای آهن و سیلیس نتایج مطلوبی از نظر عیار و بازیابی حاصل نشد و عیار کبالت در خوارک و باطله تقریباً شبیه به هم بودند.

آقای O. Conner و همکاران در سال ۱۹۹۲ در فرآوری نهشته‌های منگنز ناحیه Central West جدایش مغناطیسی را به عنوان مؤثرترین روش برای جدایش کبالت ازنهشته‌های منگنز استفاده نمود که بازیابی و عیار کبالت را به ترتیب ۹۳ و ۰/۲۲ درصد بدست آورد. لذا در این تحقیق نیز بر اساس اینکه نمونه شامل درصد قابل توجهی از اکسیدهای آهن می‌باشد و از طرفی چون کبالت نیز با تغليظ آهن پر عیار می‌شود از این روش برای تغليظ و جدایش هماتیت از سیلیس به خاطر اختلاف خواص مغناطیسی آنها استفاده شد.

آزمایش اول :

با توجه بررسی‌های انجام شده و کارهای قبلی فرآوری هماتیت در مقیاس آزمایشگاهی به روش مغناطیسی تر [۱] انتخاب گردید. این روش بر روی بخش‌های مختلف دانه بندی ۱۴۰+۴۰۰، ۵۰+۱۴۰ و ۴۰۰- مش در شرایط آزمایشگاهی توسط جداکننده‌های مغناطیسی شبکه‌ای با فاصله یک میلیمتری با جریان ۲۵ آمپر و ولتاژ ۱۸۰ ولت انجام شد. نتایج حاصل از این آزمایشات بطور خلاصه در جدول (۳) آرائه شده است.

با توجه به نتیجه آزمایشات موجود در جدول (۴) می‌توان گفت :

- ۱- بخش ۱۴۰+۴۰۰- مش دارای بهترین نتایج از نظر عیار و بازیابی است.
- ۲- کاهش بازیابی جدایش مغناطیسی بخش ۴۰۰- مش احتمالاً به خاطر حساس بودن این روش نسبت به حضور نرمه است.
- ۳- افزایش عیار اکسیدهای آهن منجر به افزایش عیار کبالت نیز می‌شود که تأیید کننده نتایج مطالعات میکروسکوپی بر همراهی کانه کبالت با هماتیت است.



جدول (۳) توزیع دانه بندی کانسنتگ کبالت جهت آزمایشات مغناطیسی

کبالت (%)		درصد وزنی	شماره سرند (مش)
توزیع	عيار		
۱۹/۶	۰/۰۸	۲۲/۴	-۵۰+۱۴۰
۳۹/۲	۰/۰۹	۳۹/۹	-۱۴۰+۴۰۰
۴۱/۲	۰/۱	۳۷/۷	-۴۰۰
۱۰۰	۰/۰۹	۱۰۰	جمع

جدول (۴) نتایج آزمایشات مغناطیسی بر روی بخش‌های مختلف دانه بندی

اکسیدهای آهن (%)		کبالت (%)		درصد وزنی	وزن(گرم)	نام محصول	دانه بندی
بازیابی نسبی	عيار	بازیابی نسبی	عيار				
۷۳/۶	۴۴/۰۶	۷۷/۳	۰/۱۶۴	۳۷/۷	۱۱/۱	پر عیار	-۵۰+۱۴۰
۲۶/۴	۹/۵	۲۲/۷	۰/۰۲۹	۶۲/۷	۱۸/۳۲	باطله	
۱۰۰	۲۲/۵۷	۱۰۰	۰/۰۸	۱۰۰	۲۹/۴۲	بار ورودی	
۸۱/۹	۴۹/۶۵	۸۰/۸	۰/۱۹۱	۳۸/۱	۲۰	پر عیار	۱۴۰+۴۰۰-
۱۸/۱	۶/۷۷	۱۹/۲	۰/۰۲۸	۶۱/۹	۳۲/۵۶	باطله	
۱۰۰	۲۳/۱	۱۰۰	۰/۰۹	۱۰۰	۵۲/۵۶	بار ورودی	
۵۴/۰	۶۶/۴۵	۴۶/۵	۰/۲۱۷	۲۱/۴	۱۰/۶	پر عیار	-۴۰۰
۴۶/۰	۱۵/۴	۵۳/۵	۰/۰۶۸	۷۸/۶	۳۹	باطله	
۱۰۰	۲۶/۳۲	۱۰۰	۰/۱	۱۰۰	۴۹/۶	بار ورودی	

آزمایش دوم:

با توجه به مطلوب بودن نتایج آزمایش جدایش مغناطیسی از نظر عیار و بازیابی، آزمایش نهایی بر روی بخش $-۵۰+۴۰۰$ - مش به منظور افزایش بازیابی کلی فرآیند جدایش به شرح زیر انجام گرفت.



یک کیلوگرم نمونه اولیه بوسیله آسیای میله ای به روش خشک ۵۰-مش و با سرند ۴۰۰ مش نرمه گیری شد. آزمایش جدایش مغناطیسی تر تحت شرایط آزمایشگاهی (جریان ۲۹ آمپر و ولتاژ ۱۸۰ ولت) بر روی این بخش که ۶۲ درصد وزنی از کل نمونه اولیه را تشکیل می داد انجام گرفت. برای افزایش بازیابی کلی کبالت، باطله بدست آمده از مرحله اول جدایش مجدداً از دستگاه مغناطیسی طی دو مرحله دیگر عبور داده شد و محصولات پرعیار بدست آمده با هم مخلوط گردید. نتایج حاصل از این آزمایشات در جدول (۵) آمده است.

جدول (۵) توزیع دانه بندی کانسنگ جهت آزمایش جدایش مغناطیسی

کبالت(٪)		درصد وزنی	وزن گرم	شماره سرند (مش)
توزيع	عيار			
۵۹	۰/۰۹۶	۶۲	۶۲۰	-۵۰+۴۰۰
۴۱	۰/۱۱	۳۸	۳۸۰	-۴۰۰
۱۰۰	۰/۱	۱۰۰	۱۰۰۰	جمع

جدول (۶) نتایج جدایش مغناطیسی تر بر روی بخش ۵۰+۴۰۰-مش

بازیابی (%)		عيار کبالت (%)	درصد وزنی	محصولات
کلی	نسی			
۴۸/۷	۸۳/۶	۰/۱۸	۴۵/۵۳	پر عیار
۱۰/۳	۱۶/۴	۰/۰۳	۵۴/۴۷	باطله
۵۹	۱۰۰	۰/۰۹۸	۱۰۰	خوراک

با توجه به بررسی های انجام شده می توان پذیرفت که روش مغناطیسی تر بهترین روش جهت پیش فرآوری کانسنگ کبالت تیدر اقلید فارس است. در این روش حدود ۵۴/۵ درصد وزنی از بخش ۵۰+۴۰۰-مش با عیار ۰/۰۳ به قسمت باطله منتقل می شود. به عبارت دیگر حدود ۳۴ درصد وزنی از کل نمونه اولیه ($34 = \frac{54}{5} \times 62$) با عیار زیر حد اقتصادی ($0/03$ درصد) به بخش باطله انتقال می یابد که میزان قابل توجهی از نظر درصد وزنی می باشد.



نتیجه‌گیری:

- ۱- روند افزایش عیار کبالت با کاهش ابعاد ذرات به دلیل اکسیده بودن کانسنگ و تمرکز اکسیدهای آهن در بخش ۳۲۵-مش کاملاً مشهود است.
- ۲- تغییرات عیار کبالت در دانه بندهای مختلف بقدرتی نبوده است که بتوان به کمک تجزیه سرندی جدا شیوه صورت داد.
- ۳- نتایج بدست آمده از آزمایشات مغناطیسی نشان داد که بین عیار اکسیدهای آهن و کبالت در محصول پرعیار یک ارتباط مستقیم وجود دارد که تابید کننده مطالعات میکروسکوپی است.
- ۴- حداکثر بازیابی کبالت و اکسیدهای آهن در بخش $50+400$ -مش بدست آمد که عیار و بازیابی کبالت به ترتیب حدود $18/0$ و 83 درصد شد.
- ۵- با پیش فرآوری مغناطیسی تر (شدت بالا) حدود 34 درصد وزنی از کل نمونه اولیه با عیار $0/03$ درصد کبالت بصورت باطله حذف می گردد.
- ۶- با توجه به وضعیت کبالت در نمونه (هرماهی آن با آهن) و نیز بر اساس مطالعات انجام شده [۵ و ۶] بازیابی کامل وقتی امکان پذیر است که از روش هیدرومالتورژی استفاده شود. لذا حذف حدود 34 درصد وزنی از نمونه اولیه باعث خواهد شد تا در استفاده از روش هیدرومالتورژی اولاً در مصرف مواد شیمیایی صرفه جویی شود ثانیاً ابعاد دستگاههای مورد نیاز طرح کاهش یابد که این نتیجه از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت است.

منابع

- [۱]- بهروزی . کوروش ، ”فرآوری همایتیت از باطله های کارخانه تغليظ مجتمع سنگ آهن گل گهر ”، مجموعه مقالات نخستین کنفرانس دانشجویی ، مهندسی معدن ، فرآوری و کاربرد مواد ، دانشکده فنی دانشگاه تهران ، سال ۱۳۷۷.
- [۲]- حسنی پاک ، علی اصغر ”نمونه برداری معدنی ”، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران سال ۱۳۷۱.
- [۳]- شرکت تیدر معدن ، ”گزارش زمین شناسی و معدنی پتانسیل کبالت ”، دره تیدر - اقلید فارس ، سال ۱۳۷۴.
- [۴]- نعمت اللهی . حسین ، ”کانه آرائی ”، جلد اول - انتشارات دانشگاه تهران ، سال ۱۳۷۶ .
- [۵] Habashi, F., "A Textbook of hydrometallurgy", Department of metallurgy, Laval university Quebec city Canada, ۱۹۹۲.



[۶] – O. Conner W.K. white, J.C. turner P.C. “Geology and mineral processing of manganese deposits from the west central Arkansas District mining Engineering “ A publication of the society for mining, metallurgy and Exploration, Vol.۴۴, No.۱۱, P.۱۳۶۱-۶۸, ۱۹۹۲.