نشریه علمی-پژوهشی "مهندسی معدن"
Iranian Journal of Mining Engineering
(IRJME)

دوره دوازدهم،شماره۳۴، بهار ۱۳۹۶، صفحه۶۱ تا ۶۷
Vol. 12, No. 34, 2017, pp. 61-67

یادداشت فنی

بازیابی هماتیت از باطله های ریز دانه معدن گل‌گهربا استفاده از جدا کننده مغناطیسی slon

امیر حاجی زاده عمران[1*]؛ مجتبی قربان نژاد[2]

۱- پژوهشگر فرآوری پژوهشکده سنگ آهن و فولاد گل‌گهر سیرجان، hajizade313@yahoo.com
۲- پژوهشگر ارشد فرآوری پژوهشکده سنگ آهن و فولاد گل‌گهر سیرجان، geg.mgh@gmail.com

(دریافت ۲۱ خرداد ۱۳۹۴، پذیرش ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۵)

چکیده

یکی از مشکلات مدارهای فرآوری سنگ آهن، هدرروی آهن به‌صورت کانه هماتیت و در ابعاد ریز، به بخش باطله است. در سالیان اخیر در کشور چین برای رفع این مشکل، جداکننده شدت و گرادیان بالای SLon که دارای ترکیبی از نیروهای مغناطیسی و ثقلی جهت جدایش هماتیت می‌باشد، معرفی شده است. این دستگاه به سبب داشتن مصرف انرژی کمتر، ضریب دسترسی بالاتر، بازیابی وزنی بیشتر و عیار باطله پایین تر نسبت به جداکننده‌های مغناطیسی تر شدت بالا (WHIMS)، به‌طور گسترده‌ای استفاده شده است. کارخانه بازیابی هماتیت مجتمع گل‌گهر از سال ۱۳۹۰ برای بازیابی باطله‌های خشک و تر کارخانه جدایش مگنتیت، به‌صورت دو خط مجزا راه اندازی شد. در حال حاضر به دلیل تغییر در شرایط خوراک و مشکلات عملیاتی، میزان ۷۵ تن بر ساعت آهن هماتیتی با ابعاد کمتر از ۸۰ میکرون و با عیار آهن ۳۸٪ به سد باطله منتقل می‌شوند. عمده دلیل این هدرروی آهن، ضعف عملکرد جداکننده مغناطیسی شدت بالای جونز در بازیابی آهن هماتیتی در خط فرآوری باطله های خشک، و تغییر خوراک کنونی نسبت به خوراک طراحی، در خط بازیابی باطله تر است. در این پژوهش با هدف کاهش عیار باطله و جلوگیری از هدرروی آهن، بر روی باطله این دو خط با استفاده از جداکننده شدت و گرادیان بالای "اسلون" در شدت میدان های مغناطیسی مختلف آزمایش‌هایی انجام شد. همچنین آزمایش‌هایی برای مقایسه عملکرد جداکننده جونز و اسلون انجام شد. نتایج این آزمایش‌ها در مقیاس نیمه‌صنعتی نشان داد که با استفاده از یک مرحله جداکننده "اسلون" می‌توان حدود ۵۸٪ از این باطله ها را با عیار آهن ۵۳٪ بازیابی کرد. عیار آهن در باطله نهایی نیز از ۳۸٪ به ۱۸٪ کاهش پیدا کرد. همچنین نتایج مقایسه بین دو جداکننده نشان داد که جداکننده جونز قابلیت انتخابی بیشتری دارد و کنسانتره آن دارای عیار بالاتری است، در حالی‌که جداکننده "اسلون" با بازیابی وزنی بالاتر و عیار باطله بسیار پایین تر برای رمق گیری از باطله ها بسیار کارآمدتر است.

کلمات کلیدی

باطله های هماتیتی، جداکننده مغناطیسی SLon ، جداکننده جونز

*نویسنده مسئول مکاتبات

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

۱-۱- شدت و گرادیان مغناطیسی

در هر دستگاه جداکننده که در فرآوری کانی‌های معدنی استفاده می‌شود مجموعه‌ای از نیروها هستند که با یکدیگر رقابت می‌کنند و نیروهای غالب، تعیین‌کننده مسیر جدایش ذرات با ارزش از ذرات ضعیف‌تر خواهند بود. نیروی مغناطیسی با میدان و گرادیان مغناطیسی ارتباط مستقیم دارد. میدان مغناطیسی و گرادیان میدان نیز به‌صورت معکوس با توان سوم قطر ذرات مغناطیسی که در میدان قرار می‌گیرند در ارتباط هستند. به‌عبارت دیگر با ریزتر شدن ذرات مغناطیسی، به نیروی مغناطیسی بیشتری برای جدایش ذرات مغناطیسی نیاز خواهد بود. تغییر در نیروی مغناطیسی با استفاده از تغییر در میدان، گرادیان و یا هر دو اتفاق می‌افتد[۱]. افزایش میدان مغناطیسی نیز تا حدی مقرون به صرفه خواهد بود و محدودیت‌هایی برای افزایش آن وجود دارد، بنابراین می‌توان با تغییر در ساختار دستگاه جداکننده مغناطیسی شدت بالا نظیر نوع ماتریس‌ها، گرادیان مغناطیسی را افزایش و در نتیجه در یک میدان ثابت، نیروی مغناطیسی را بیشتر کرد[۲].

۱-۲- نحوه عملکرد جداکننده‌های مغناطیسی گرادیان بالای اسلون

جداکننده‌های مغناطیسی گرادیان بالای مرسوم، یک رینگ افقی دارند که عملکرد آن‌ها شبیه به جداکننده شدت بالای جونز بوده و تنها تفاوت آن‌ها در نوع ماتریس و در نتیجه میزان گرادیان است. موفق‌ترین نوع جداکننده‌های گرادیان بالا، جداکننده اسلون با رینگ قائم و حرکت نوسانی اسلاری است که کارایی و قابلیت دسترسی بالاتری نسبت به دیگر تجهیزات دارد. این جداکننده با ترکیبی از نیروی مغناطیسی، نیروی ثقلی و ضربان اسلاری، زمینه مناسبی را برای فرآوری کانی‌های ریزدانه و مغناطیسی ضعیف فراهم می‌سازد. بازیابی بالا، انعطاف‌پذیری نسبت به تغییر اندازه ذرات، انسداد کمتر ماتریس، کاهش مصرف انرژی و ضریب دسترسی بالا، از عمده‌ترین مزایای این جداکننده است[۴،۳].

با توجه به نوع ماتریس و نحوه قرارگیری میله‌ها درون ماتریس، میزان گرادیان ایجاد شده توسط این تجهیز به شدت بالا می رود، به‌گونه ای که کوچک‌ترین ذرات مغناطیسی و یا ذرات درگیر با حداقل کانی های مغناطیسی نیز امکان گریز از میدان را نداشته و دستگاه اغلب دارای حداکثر بازیابی جرمی می باشد[۳]. نحوه خوراک دهی و مسیر شستشوی مواد به گونه‌ای است که ذرات دانه درشت روی سطح داخلی ماتریس قرار گرفته و جذب ماتریس می‌شوند و بعد از این‌که در معرض آب شستشو قرار بگیرند بدون نیاز به اینکه کل مسیر ماتریس را طی کنند از سطح ماتریس جدا شده و وارد بخش کنسانتره می شوند؛ موضوعی که در جداکننده های معمولی گرادیان بالا اغلبر موجب گرفتگی ماتریس‌ها می‌شود.

اجزای اصلی جداکننده های مغناطیسی اسلون شامل مکانیزم ضربان، سیم پیچ های تولید انرژی، یوک مغناطیسی، رینگ جدایش، مسیرهای تغذیه و تخلیه کنسانتره است که در شکل ۱ نشان داده شده است[۵].

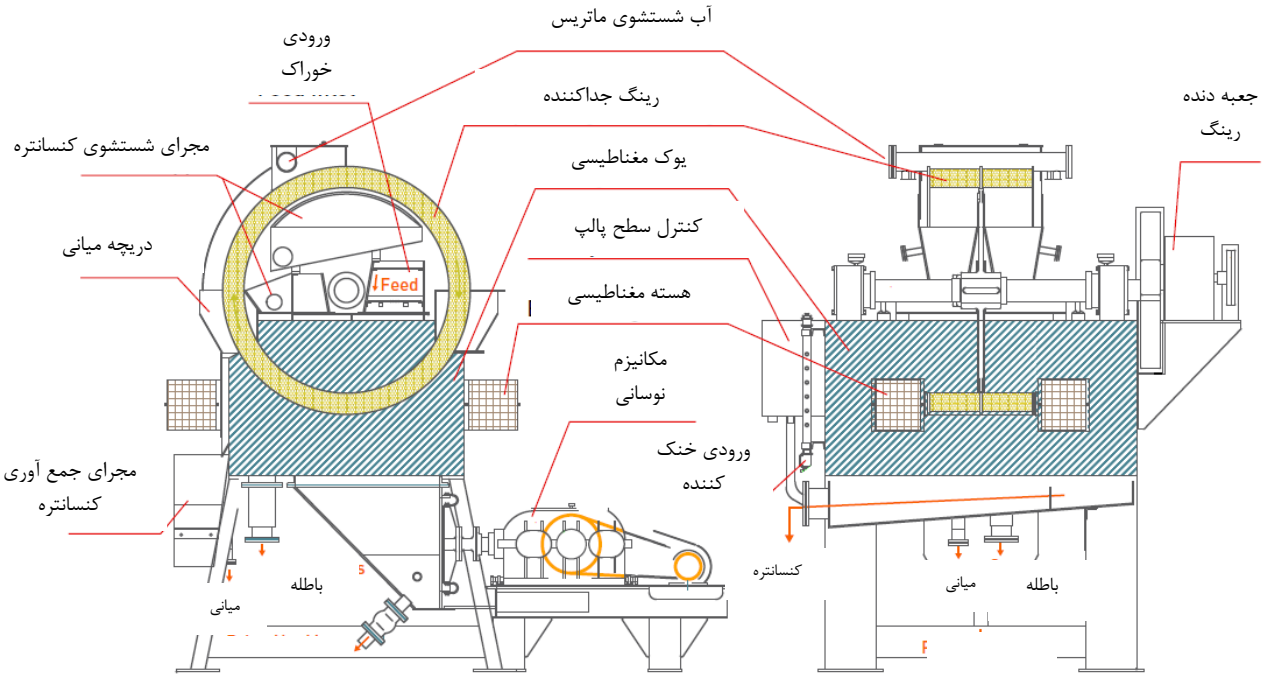
ماتریس های این تجهیز شامل تعدادی میله فولادی ضد زنگ می‌باشد که در محیط مغناطیس، خاصیت مغناطیسی پیدا کرده و موجب افزایش گرادیان میدان می‌شوند. این ماتریس‌ها روی رینگ قرار گرفته و با حرکت رینگ به داخل مخزن جداکننده، مواد مغناطیسی به سطح ماتریس‌ها چسبیده و با خروج از ناحیه مغناطیسی و با کمک آب شستشو، این مواد از ماتریس جدا و وارد مسیر کنسانتره می شوند[۵ ، ۶].

با توجه به این‌که این دستگاه برای اولین بار در کشور چین ساخته شده است، بنابراین یکی از بزرگ‌ترین بازارهای مصرف این دستگاه نیز معادن آهن کشور چین است. معادن آهن این کشور اغلب از نوع اکسیدی کم عیار است که افزایش عیار آن‌ها مستلزم طراحی مدارهای پیچیده‌ای خواهد بود. جداکننده اسلون به دلیل داشتن گرادیان و میدان مغناطیسی بالا (تا ۱۳ هزار گاوس)، هزینه پایین‌تر عملیاتی و دسترسی بالاتر (که عامل دستیابی به حداکثر بازیابی است)، در این کشور بسیار پرکاربرد است. در حال حاضر بزرگترین نوع این جداکننده با قطر رینگ ۴ متر که ظرفیت ورودی آن حدود ۴۵۰ تن بر ساعت است نیز در این کشور نصب و راه اندازی شده است[۷ ، ۸].

۱-۳- علل هدرروی آهن در کارخانه بازیابی هماتیت مجتمع گل‌گهر

کارخانه بازیابی هماتیت مجتمع معدنی و صنعتی گل‌گهر دارای دو خط برای فرآوری باطله خشک (خط DTP) و باطله تر (خط WTP) جهت بازیابی باطله های کارخانه مگنتیت است. تجهیزات اصلی استفاده شده در خط DTP جهت

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱: اجزاء اصلی جداکننده اسلون[۵]

جدایش هماتیت، اسپیرال و جداکننده شدت بالای جونز می-باشند. در حال حاضر عیار آهن خوراک ورودی به جداکننده شدت بالای جونز خط DTP برابر ۵۳٪ است. عیار باطله آن در این حالت به کمتر از ۴۰٪ کاهش نیافته است. بنابراین بخش زیادی از ذرات ریز هماتیت به‌دلیل کارایی پایین این تجهیز در جذب این ذرات به باطله راه می‌یابد. خط WTP کارخانه هماتیت برای بازیابی باطله‌های تر کارخانه مگنتیت راه اندازی شده است. ماهیت باطله در زمان طراحی این خط با باطله کنونی(به دلیل تغییر در خصوصیات سنگ معدن) تفاوت دارد. بنابراین مدار خط WTP که شامل یک جداکننده مغناطیسی شدت متوسط و دو جداکننده مغناطیسی شدت پایین است، توانایی بازیابی بخش هماتیتی این مواد را ندارد. عیار آهن در باطله مدار جدایش مغناطیسی این خط به کمتر از ۳۷٪ نرسیده است. داده‌های مربوط به نمونه‌برداری‌های واحد کنترل کیفی مجتمع گل‌گهر نیز نشان می داد که در این دو خط، آهن هماتیتی ریزدانه با عیار حدود ۳۸٪ به بخش باطله منتقل می‌شود.

هدف از این پژوهش، ارزیابی کارایی جداکننده اسلون در مقیاس نیمه‌صنعتی، برای جدایش هماتیت‌های ریزدانه از باطله‌های کارخانه فرآوری مجتمع گل‌گهر و ارائه راهکاری برای کاهش هدرروی آهن به بخش باطله بوده است. در صورت دستیابی به نتایج مطلوب، افزایش بازیابی کارخانه هماتیت و به تبع آن ایجاد ارزش افزوده بیشتر برای شرکت گل‌گهر محقق خواهد شد. همچنین با توجه به کاهش ذخایر مگنتیتی پرعیار و نیاز کشور به سرمایه گذاری روی ذخایر هماتیتی، نتایج این پژوهش می‌تواند زمینه های جدیدی را در طراحی مدار فرآوری برای این گونه از معادن فراهم سازد.

۲- روش تحقیق

۲-۱- نمونه برداری

برای تهیه نمونه معرف برای انجام مطالعات آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی، به مدت ۱۰ شیفت کاری از باطله جداکننده شدت بالای خط DTP و باطله مدار جدایش مغناطیسی خط WTP نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن و تقسیم نمونه، سرند شده و برای بررسی ماهیت آهن موجود در آن آنالیز شدند. همچنین موازنه جرم مدار دو خط DTP و WTP نیز انجام شد تا تناژ راه یافته به باطله در این دو خط مشخص شود. جدول شماره ۱ عیار آهن و تناژ باطله ها را به تفکیک دو خط نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می شود مواد به میزان ۷۵ تن بر ساعت با عیار آهن ۳۸٪ به بخش باطله منتقل می‌شوند. ماهیت کانه با ارزش آهن این باطله‌ها، هماتیتی (Fe/FeO>۷) است و عمده کانه‌های آهن-

Archive of SID
www.SID.ir

دار آن را هماتیت، پیریت و سیلیکات‌های آهن‌دار تشکیل می‌دهند.

جدول ۱: باطله های تولیدی در کارخانه فرآوری گل‌گهر

مدار	تناژ ورودی (تن بر ساعت)	D_{80} (µm)	FeO %	Fe %
باطله خشک(DTP)	۲۳	۸۰	۰/۵	۴۰/۵
باطله تر(WTP)	۵۲	۷۵	۱/۵	۳۷

دانه‌بندی مواد (D_{80}) نیز زیر ۸۰ میکرون است که بازیابی مجدد آن را با چالش جدی مواجه می‌کند. با توجه به این‌که ماهیت باطله‌ها مشابه هم است و میزان تناژ تولیدی هم در حدی نیست که بتوان خط جداگانه‌ای برای بازیابی آن‌ها طراحی کرد، نمونه‌های دو خط با نسبت تولید در کارخانه با یکدیگر ترکیب شده و به مدار نیمه صنعتی طراحی شده که به صورت پیوسته کار می‌کرد، خوراک‌دهی شدند.

۲-۲- مدار آزمایش‌های نیمه‌صنعتی

با توجه به ماهیت نمونه‌ها باید از یک جداکننده مغناطیسی شدت بالا برای بازیابی این نمونه‌ها استفاده شود. همان‌طور که بیان شد تولید بخشی از این باطله‌ها مربوط به عملکرد جداکننده شدت بالای خط DTP است، بنابراین برای تقویت نیروی مغناطیسی در مدار جدایش، از یک جداکننده شدت و گرادیان بالا استفاده شد. سازنده جداکننده مذکور شرکت چینی اسلون است و این تجهیز با نام تجاری اسلون ۷۵۰ (قطر رینگ گردان: ۷۵۰ میلی متر) شناخته می‌شود. لازم به ذکر است که برای اولین بار در کشور در مجتمع گل‌گهر، از این نوع جداکننده در مقیاس نیمه‌صنعتی بهره برداری شده است. مشخصات این تجهیز و پارامترهای قابل تغییر آن در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: مشخصات جداکننده اسلون نیمه‌صنعتی

قطر رینگ(mm)	۷۵۰
شدت میدان مغناطیسی(G)	۰ - ۱۰۰۰۰
درصد جامد مناسب خوراک	۱۰ -۲۵
تناژ ورودی(Kg/h)	۶۰ - ۲۵۰
سرعت رینگ(rpm)	۲ - ۴
تعداد ضربان(S^{-1})	۱۰۰ - ۳۰۰
فاصله ماتریس(mm)	۱ - ۳

ماتریس‌های اسلون به شدت به ورود ذرات مگنتیت حساس هستند، به‌طوری‌که حتی اگر نمونه مورد آزمایش به میزان بسیار کمی هم مگنتیت داشته باشد باعث گرفتگی آن خواهد شد و بازیابی آن را کاهش خواهد داد. به همین منظور در ابتدای مدار جدایش از یک مرحله جداکننده مغناطیسی شدت پایین (۱۱۰۰ گوس) برای حذف میزان مگنتیت‌های موجود استفاده شد. باطله این مرحله به‌عنوان خوراک به جداکننده اسلون وارد شد.

برای بررسی تأثیر شدت میدان مغناطیسی بر پارامترهای متالورژیکی، در این آزمایش ها از شدت میدان های ۶۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ گوس استفاده شد. فاصله بین میله‌های ماتریس نیز ۲ میلی‌متر تنظیم شد و مواد با درصد جامد ۲۰٪ به اسلون خوراک دهی شدند. پس از این‌که مدار به حالت پایدار رسید، ۴ جزء نمونه از کنسانتره و باطله اسلون جمع-آوری شد. شکل ۲ اسلون نیمه صنعتی در مدار پیوسته پایلوت را نشان می‌دهد.

شکل ۲: جداکننده اسلون ۷۵۰ موجود در پایلوت پژوهشکده گل‌گهر سیرجان

با توجه به این‌که درجه آزادی مواد در بازیابی مواد و عیار آهن کنسانتره بسیار مؤثر است، بنابرین یک سری آزمایش در دانه-بندی‌های ریزتر (۴۵ میکرون) نیز انجام شد. در این آزمایش‌ها قبل از این‌که نمونه‌ها به جداکننده مغناطیسی شدت پایین وارد شود، با تناژ ۲۰۰ کیلوگرم بر ساعت وارد یک آسیای گلوله‌ای شده و محصول آسیا پس از رسیدن به ابعاد ۴۵ میکرون، وارد مرحله جدایش مغناطیسی شد. در این مرحله نیز از سه شدت میدان ۶۰۰۰، ۸۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ گوس استفاده شد. همچنین برای افزایش عیار کنسانتره، یک مرحله

Archive of SID
www.SID.ir

شستشوی مغناطیسی نیز بر روی کنسانتره اسلون انجام شد. همان‌گونه که بیان شد جداکننده شدت بالای جونز در کاهش عیار آهن منتقل شده به بخش باطله، عملکرد ضعیفی دارد. بنابراین آزمایشی در مقیاس نیمه‌صنعتی طراحی شد تا بتوان خوراک جداکننده جونز را وارد اسلون کرد و سپس نتایج آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد.

۲-۳- نتایج آزمایش های نیمه صنعتی

جدول ۳ مشخصات کامل و نتایج آزمایش‌های بدون نرم‌کنی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با استفاده از یک مرحله جدایش شدت و گرادیان بالا، عیار کنسانتره در شدت میدان ۶۰۰۰ گوس به ۵۲/۷٪ رسید. کاهش عیار باطله با همین یک مرحله محقق شد، به‌طوری‌که عیار باطله به زیر ۲۰٪ کاهش یافت. میزان بازیابی وزنی در هر سه حالت بالا و حدود ۶۰٪ بوده است. دلیل بالا بودن بازیابی وزنی، گرادیان ایجاد شده در بین میله‌های ماتریس و افزایش نیروی مغناطسی است که به ذرات با میزان کم نفوذپذیری مغناطیسی هم اجازه ورود به بخش کنسانتره را می‌دهد. این نکته البته در میزان خالص بودن کنسانتره و افزایش عیار بیشتر آن تأثیر منفی دارد. زیرا ذرات بی ارزش قفل شده با ذرات مغناطیسی را نیز به سوی کنسانتره هدایت می‌کند که کاهش عیار کنسانتره را به نسبت دیگر تجهیزات شدت بالای مغناطیسی(مانند جداکننده جونز) به همراه دارد.

جدول ۳: نتایج آزمایش‌ها روی باطله‌ها بدون نرم‌کنی

شماره آزمایش	۱	۲	۳
سرعت رینگ (rpm)	۳/۵	۳/۵	۳/۵
تعداد ضربان(بر دقیقه)	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
فاصله ماتریس (mm)	۲	۲	۲
شدت میدان زمینه(گوس)	۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰
تناژ ورودی (Kg/h)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
درصد جامد خوراک	۲۴	۲۴	۲۴
عیار آهن در خوراک٪	۳۸/۳	۳۸/۳	۳۸/۳
عیار آهن در کنسانتره٪	۵۲/۷	۵۱/۱	۵۰/۶
عیار آهن در باطله٪	۱۹/۴	۱۸/۶	۱۸
بازیابی وزنی٪	۵۶/۹	۶۰/۶	۶۲/۲
بازیابی آهن٪	۷۸/۲	۸۰/۹	۸۲/۲
کارایی جدایش	۴۴/۱	۴۲	۴۱/۳
D_{80}خوراک (میکرون)	۷۱	۷۱	۷۱

در شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰۰۰ گوس بیشترین بازیابی وزنی مشاهده شد که علت آن را می توان به گیرافتادگی ذرات مغناطیسی ضعیف تر یا ذرات با قفل شدگی بیشتر با گانگ، در بین ماتریس‌ها نسبت داد. بنابراین در صورتی‌که بازیابی وزنی بالاتری مدنظر باشد، باید از شدت میدان ۱۰۰۰۰ گوس استفاده کرد.

جدول ۴ نتایج آزمایش‌هایی را که در آن ذرات با یک مرحله آسیاکنی به زیر ۴۵ میکرون رسانده شدند، را نمایش می‌دهد. نتایج بیان‌گر آن است که نرم‌کنی تا این ابعاد فقط افزایش عیار آهن در کنسانتره را به میزان ۱/۶٪ به همراه دارد که با توجه به هزینه‌های آسیاکنی مقرون به صرفه نیست. کاهش نیافتن عیار باطله به‌طور محسوس را می‌توان به قفل‌شدگی ذرات در ابعاد ریزتر نسبت داد.

با توجه به تناژ ورودی به این دو خط و باطله تولید شده در آن‌ها، در صورتی‌که این باطله‌ها به یک مرحله جداکننده اسلون (بدون نرم کنی بیشتر) فرستاده شود، می‌توان حدود ۴۲/۷ تن بر ساعت آهن با عیار ۵۲/۷ بازیابی کرد. در صورتی- که ۳۰۰ روز کاری در سال داشته باشیم، به میزان ۳۰۷ هزار تن کنسانتره در سال بازیابی خواهد شد.

جدول ۴: نتایج آزمایش‌ها روی باطله‌ها با نرم‌کنی تا ۴۵ میکرون

شماره آزمایش	۱	۲	۳
سرعت رینگ (rpm)	۳/۵	۳/۵	۳/۵
تعداد ضربان(بر دقیقه)	۳۰۰	۳۰۰	۳۰۰
فاصله ماتریس (mm)	۲	۲	۲
شدت میدان زمینه(گوس)	۶۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰
تناژ ورودی (Kg/h)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
درصد جامد خوراک	۲۵	۲۵	۲۵
عیار آهن در خوراک٪	۳۸/۴	۳۸/۴	۳۸/۴
عیار آهن در کنسانتره٪	۵۲/۸	۵۴/۳	۵۱/۴
عیار آهن در باطله٪	۱۹/۳	۲۰	۱۷/۶
بازیابی وزنی٪	۵۶/۹	۵۳/۵	۶۱/۳
بازیابی آهن٪	۷۸/۳	۷۵/۸	۸۲/۳
کارایی جدایش	۴۴/۳	۴۵/۷	۴۲/۵
D_{80}خوراک (میکرون)	۴۴	۴۴	۴۴

جدول ۵ نتایج دو مرحله جدایش مغناطیسی اسلون (رافر - کلینر) روی باطله‌های مذکور را نشان می‌دهد. با اضافه کردن یک مرحله شستشو، عیار کنسانتره در حالت بدون نرم کنی به

Archive of SID
www.SID.ir

۵۵/۲٪ رسید، در حالی‌که این عدد در حالت آسیاکنی تا ۴۵ میکرون به ۵۶/۶٪ افزایش یافت. بنابراین مرحله شستشو در هر دو حالت باعث افزایش عیار حدود ۲/۵ درصدی خواهد شد که با توجه به کاهش ۴ درصدی بازیابی وزنی قابل توجه نیست. دلیل این عدم بالارفتن عیار آهن را می‌توان به قفل-شدگی بالای ذرات نسبت داد. در کشور چین برای افزایش عیار این کنسانتره‌ها، از یک مرحله جداکننده ثقلی سانتریفیوژ که در ابعاد دانه ریز کار می‌کند، استفاده می‌کنند.

جدول ۵: نتایج آزمایش‌های رافر - کلینر

شماره آزمایش	۱	۲
سرعت رینگ (rpm)	۳/۵	۳/۵
تعداد ضربان(بر دقیقه)	۳۰۰	۳۰۰
فاصله ماتریس (mm)	۲	۲
شدت میدان زمینه(گوس)	۶۰۰۰	۶۰۰۰
تناژ ورودی (Kg/h)	۱۰۰	۱۰۰
درصد جامد خوراک	۲۵	۲۵
عیار آهن در خوراک٪	۳۸/۴	۳۸/۴
عیار آهن در کنسانتره٪	۵۵/۲	۵۶/۶
عیار آهن در باطله٪	۲۰/۵	۲۱/۵
بازیابی وزنی٪	۵۲	۴۸
بازیابی آهن٪	۷۴	۷۱
D_{80}خوراک (میکرون)	۷۱	۴۴

جدول ۶ نتایج مقایسه بین عملکرد جداکننده شدت بالای جونز و جداکننده شدت و گرادیان بالای اسلون را از لحاظ پارامترهای متالورژیکی نشان می‌دهد.

جدول ۶: نتایج مقایسه بین عملکرد جداکننده اسلون و جونز

نام تجهیز	SLon	JONES
شدت میدان زمینه(گوس)	۸۰۰۰	۸۰۰۰
عیار آهن در خوراک٪	۵۳/۸	۵۳/۸
عیار آهن در کنسانتره٪	۵۹/۱	۶۲/۵
عیار آهن در باطله٪	۲۳/۳	۴۰
بازیابی وزنی٪	۸۵	۶۱/۳

با توجه به جدول ۶ می‌توان به این نتیجه رسید که جداکننده اسلون توانایی بالایی در رمق‌گیری و کاهش عیار باطله مدار جدایش مغناطیسی در بازیابی کانه هماتیت دارد؛ اما عیار کنسانتره آن پایین‌تر از جداکننده جونز است. دلیل این مطلب، انتخابی‌تر بودن فرآیند جدایش در جداکننده جونز نسبت به اسلون است. گرادیان میدان ایجاد شده در اسلون موجب می‌شود. ذرات با میزان خاصیت مغناطیسی بسیار کم هم توسط نیروی مغناطیسی جذب شده و به کنسانتره بروند. ضمن این‌که مکانیزم نوسانی که در انتهای مخزن جداکننده اسلون وجود دارد باعث ایجاد فرصت مجدد به مواد باطله و افزایش بازیابی وزنی است. در صورتی‌که پس از اسلون تجهیزات دیگری برای افزایش عیار موجود باشد، به دلیل بازیابی وزنی بالا، این جداکننده پیشنهاد می‌شود. همچنین در رمق‌گیری باطله‌ها که کاهش عیار باطله مد نظر است، اسلون کارایی بیشتری دارد.

۳- نتیجه‌گیری

۱- نتایج نمونه‌گیری‌ها نشان داد به دلیل ضعف در مدار فرآوری باطله خشک (DTP) و تر (WTP) کارخانه بازیابی هماتیت مجتمع گل‌گهر، در حال حاضر ۷۵ تن بر ساعت باطله با عیار متوسط آهن ۳۸ درصد به سد باطله انتقال می‌یابد. برای بازیابی این مواد باارزش از یک جداکننده مغناطیسی شدت و گرادیان بالای اسلون در مقیاس نیمه‌صنعتی و با قطر ۷۵۰ میلی‌متر که شدت میدان مغناطیسی آن تا ۱۰۰۰۰ گوس قابل تغییر بوده است استفاده شد.

۲- نتایج آزمایش روی باطله‌های مدار DTP و WTP کارخانه بازیابی هماتیت مجتمع گل‌گهر نشان داد که با استفاده از یک مرحله جداکننده اسلون می‌توان ۶۰٪ از این باطله ها را با عیار ۵۲/۷٪ بازیابی کرد.

۳- عیار نهایی باطله کاهش قابل‌توجهی داشته و به کمتر از ۱۸٪ رسید که با در نظر گرفتن سولفیدی بودن بخش اعظمی از باطله‌ها می توان مقادیری از این آهن را نیز به پیریت نسبت داد.

۴- جداکننده اسلون به علت ایجاد گرادیان بالا و مکانیزم نوسانی در مخزن آن، دارای قابلیت بالایی در رمق‌گیری از باطله‌های هماتیتی و ریزدانه است.

۵- خردایش باطله‌ها تا اندازه ۴۵ میکرون، تأثیر چشمگیری در کاهش عیار آهن باطله و افزایش عیار آهن کنسانتره نداشته است، بنابراین استفاده از مدار خردایشی در حال حاضر مقرون به صرفه نیست.

Archive of SID

www.SID.ir

۶- می توان با استفاده از یک جداکننده اسلون با قطر ۲ متر به میزان ۴۳ تن بر ساعت به محصول کارخانه بازیابی هماتیت افزود.

۷- شستشوی مغناطیسی(مرحله کلینر) کنسانتره مرحله رافر، افزایش چشمگیری را در عیار کنسانتره نشان نداده است.

۸- مقایسه عملکرد جداکننده جونز و اسلون نشان داده است که جداکننده جونز قدرت انتخابی بیشتری نسبت به اسلون دارد و بنابراین عیار آهن در کنسانتره آن بالاتر است، اما بازیابی وزنی آن پایین تر می‌باشد. همچنین در این آزمایش‌ها، عیار باطله اسلون تقریباً نصف عیار باطله جداکننده جونز است. بنابراین در صورتی‌که رمق‌گیری از محصول هدف باشد، جداکننده اسلون گزینه مطلوب‌تری است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از معاونت بهره‌برداری مجتمع گل‌گهر آقای مهندس خلیلی، کلیه پرسنل پایلوت و آزمایشگاه فرآوری پژوهشکده سنگ آهن و فولاد، و پرسنل کارخانه هماتیت که در انجام این پژوهش همکاری داشته اند، کمال تشکر را دارند.

منابع

[1]. Rayner.J.G; Napier-munn.T.J. 2000 "*The mechanism of magnetics capture in the wet drum magnetic separator*"; Elsevier; Minerals Engineering

[2]. Chen; Luzheng; 2011; "*Effect of magnetic field orientation on high gradient magnetic separation performance*"; Elsevier; Minerals Engineering; pp.88-90

[3]. Dahe, Xiong; 2010,"*A New Technology OF Applying SLon-2500 Magnetic Separator to Recovery Iron Concentrate from Abandoned Tails*", IMPC2010 PP.1405-1412

[4]. Dahe, Xiong, 2008, "*Slon Magnetic Separators Applied to Beneficiate Low Grade Oxidized Iron Ores*", China, IMPC2008,pp.813-818

[5]. Outotec Oyj Catalogue; 2013"*SLon® vertically pulsating high gradient magnetic separator*"

[6]. Chen; Luzheng; Li Ding; 2014; "*Slice matrix analysis for combinatorial optimization of rod matrixin PHGMS*"; Elsevier; Minerals Engineering; pp.104-107

[7]. Dahe, Xiong; 2007; *SLon Magnetic Separators Applied in Various Industrial Iron Ore Processing Flow Sheets*; Iron Ore Conference, AIMM, Perth, WA, PP.245-250

[8]. Dahe; Xiong; 2012;"*The Creative Technologies SLON Magnetic Separator in Beneficiating Weakly Magnetic Minerals*"; India; IMPC2012,pp.66-82

Archive of SID

www.SID.ir