

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان پروژه: احداث کارخانه نیمه صنعتی فرآوری آهن از منابع کم عیار آهن	
شماره صفحه: ۱ از ۱۱	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار	
	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱	

عنوان مدرک:

تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی

فرآوری آهن از منابع کم عیار

۰۱	۱۴۰۰/۱۰/۱۲	تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار	ناصری - خوشنام	مشکینی
ویرایش	تاریخ	عنوان مدرک	تهیه کننده	تأیید کننده

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان پروژه: احداث کارخانه نیمه صنعتی فرآوری آهن از منابع کم عیار آهن	
شماره صفحه: ۲ از ۱۱	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار	
	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱	

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ۳
- ۲- اصول روشهای ثقلی ۳
- ۳- اسپیرال ۵
- ۴- مبانی طراحی کارخانه ۷
 - ۴-۱- ساعت کارکرد و توقف ۷
 - ۴-۲- مشخصات کمی و کیفی خوراک ورودی ۸
 - ۴-۱-۱- مشخصات کمی ۸
 - ۴-۱-۲- مشخصات کیفی ۸
- ۵- شرح فرآیند مدار پیشنهادی کارخانه آهن از منابع کم عیار ۹

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	پروژه: احداث کارخانه نیمه صنعتی فرآوری آهن از منابع کم عیار آهن نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار شماره صفحه: ۳ از ۱۱ شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱		کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 
--	---	--	--

۱- مقدمه

روش های ثقلی پر عیار کردن برای آرایش تعداد زیادی از کانه ها مورد استفاده قرار می گیرند. دامنه ی کاربرد آن ها بسیار وسیع است و برای کانی هایی با چگالی نسبتاً زیاد (مثل سولفور فلزات سنگین) تا موادی با چگالی کم (مثل زغال سنگ با چگالی حدود 1300 kg/m^3) به کار می روند. این روش برای آرایش کانه های آهن و تنگستن به کار برده می شود. در مورد کانی هایی نیز که درجه آزادی آن ها در ابعادی بزرگتر از حد قابل استفاده در فلو تاسیون (حدود ۲۵۰ میکرون) به میزان مناسبی برسد، از روش های ثقلی استفاده می گردد.

۲- اصول روش های ثقلی

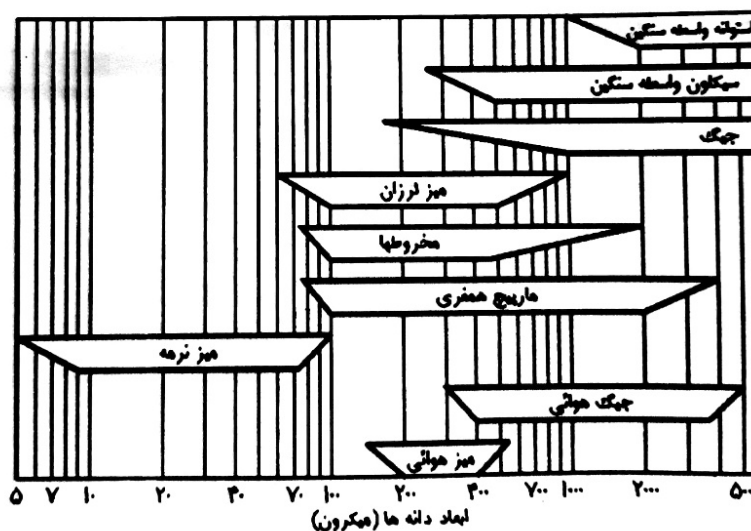
روش های جدایش ثقلی کانی ها بر مبنای حرکت آن ها در یک محیط سیال پایه گذاری شده است. نیروی مؤثر عمدتاً وزن دانه ها است. نیروی دیگر مقاومت سیال (مثل آب یا هوا) در برابر حرکت جسم است که به ابعاد و شکل دانه ها بستگی دارد.

برای آنکه بتوان دو کانی را به طور مؤثر از هم جدا کرد لازم است بین چگالی آن ها اختلاف قابل توجهی وجود داشته باشد. با استفاده از "نسبت چگالی مؤثر"، می توان معیاری برای سنجش کیفیت جدایش ممکن به دست آورد. این نسبت برابر است با:

$$\frac{\sigma_h - \sigma_f}{\sigma_l - \sigma_f}$$

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 	
نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار شماره صفحه: ۴ از ۱۱	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱

که در آن σ_l , σ_h و σ_f به ترتیب چگالی‌های کانی سنگین، سبک و سیال است. شکل ۱ نشان‌دهنده رابطه‌ی ابعاد کوچک‌ترین دانه‌های قابل آرایش به روش ثقلی نسبت به نسبت چگالی مؤثر است. به طوری که بر روی شکل دیده می‌شود، چنانچه نسبت چگالی مؤثر بزرگ‌تر از ۲/۵ باشد دانه‌هایی تا ابعاد ۷۵ میکرون را می‌توان با روش‌های ساده ثقلی آرایش داد. با کاهش نسبت چگالی مؤثر، ابعاد کوچک‌ترین دانه‌های قابل آرایش به سرعت افزایش می‌یابد، به طوری که با کاهش این نسبت به ۱/۲۵، تنها دانه‌هایی با ابعاد بزرگ‌تر از ۶ میلی‌متر و با استفاده از روش‌های دقیق ثقلی قابل آرایش هستند. در حد کمتر از ۱/۲۵، آرایش ثقلی مواد به طور اقتصادی امکان‌پذیر نیست.



شکل ۱- حدود ابعاد مناسب برای روش‌های ثقلی

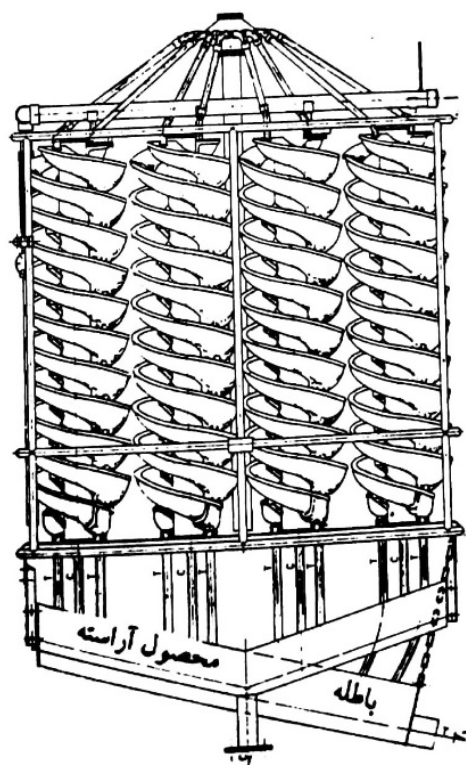
دقت در تهیه بار اولیه برای روش‌های ثقلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا باید در عملیات خردایش ضمن دستیابی به درجه آزادی مناسب، محصول خرد شده حتی‌المقدور دانه‌درشت باشد. روش‌های ثقلی نسبت به نرمه (دانه‌های خیلی کوچک) بسیار حساس هستند، زیرا این دانه‌ها باعث افزایش ویسکوزیته

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 	
شماره صفحه: ۵ از ۱۱	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانه فرآوری آهن از منابع کم عیار	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱

محیط و نتیجه کاهش دقت جدایش می‌شوند. در بیشتر روش‌های ثقلی معمولاً دانه‌های کوچک‌تر از ۱۰۰ میکرون را از بار اولیه جدا کرده، همراه باطله خارج می‌کنند، اما در این طرح با توجه به استفاده از اسپیرال‌های شیاردار ۸۰d بار ورودی برابر با ۱۰۰ میکرون است.

۳- اسپیرال

جداکننده‌های مارپیچی طی سالیان متمادی در کانه آرایی دارای کاربردهای مختلفی بوده‌اند ولی به طور یقین بیشترین کاربردهای آن‌ها در مورد کانسارهای ماسه‌های ساحلی مانند ماسه‌های ایلمنیت دار، روتیل دار، زیرکونیم دار و مونازیت دار است.



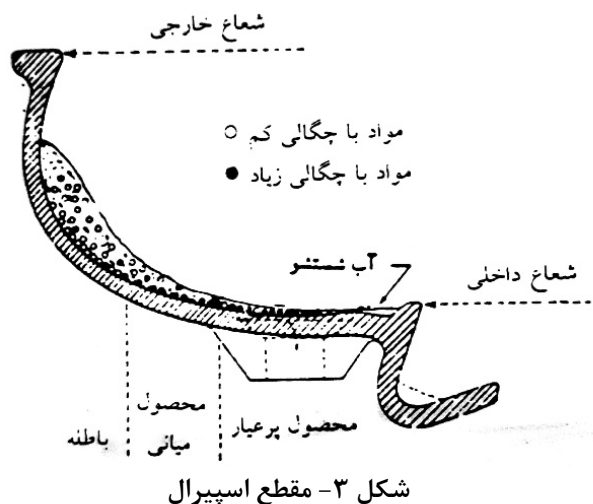
شکل ۲- اسپیرال

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	پروژه: احداث کارخانه نیمه صنعتی فرآوری آهن از منابع کم عیار آهن نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار شماره صفحه: ۶ از ۱۱ شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱		کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 
--	---	--	--

مارپیچ‌ها با شیب‌های مختلفی ساخته شده‌اند. نوع کم شیب آن برای کارخانه‌های دقیق‌تر مثل جدا کردن کانی‌هایی که اختلاف چگالی آن‌ها کمتر است. مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع پرشیب آن دارای ظرفیت بیشتری است، ولی ضریب پرعیار کردن آن کمتر از نوع کم شیب است. بازیابی این نوع زیاد است و برای جدا کردن موادی به کار می‌رود که ضریب پرعیارسازی در مورد آن‌ها بیشتر از ۱/۶ باشد. ظرفیت مارپیچ‌های کم شیب در حدود ۱ تا ۳ تن در ساعت است و در مورد مارپیچ‌های پر شیب به حدود دو برابر این مقدار می‌رسد. معمولاً برای آرایش اولیه مارپیچ‌ها شامل پنج پیچ کامل یا بیشتر هستند و در بعضی واحدهای آرایش نهائی تعداد پیچ‌ها سه عدد است. نظر به اینکه در این روش از تعداد زیادی مارپیچ استفاده می‌شود، سیستم توزیع پالپ اهمیت زیادی دارد و تأثیر زیادی بر روی بازیابی عملیات می‌گذارد. عدم یکنواختی پالپ ورودی باعث کاهش بازیابی می‌شود.

از حدود سال ۱۹۷۰ میلادی مارپیچ‌های مضاعف ساخته شده‌اند که دارای دو محل جداگانه برای ورود بار اولیه هستند و در یک فضای واحد، حول یک محور مرکزی قرار گرفته‌اند. به این صورت در فضای لازم برای آن‌ها صرفه‌جوئی قابل‌توجهی شده است. همچنین در سال‌های اخیر مارپیچ‌های سه‌تائی نیز ساخته شده‌اند. مارپیچ‌های مدرن از جنس فایبرگلاس با پوشش لاستیکی ساخته شده‌اند. به این ترتیب یک مارپیچ مضاعف که قادر به آرایش ۵ تا ۱۰ تن بار اولیه در ساعت بشد، دارای وزنی کمتر از ۷۰ کیلوگرم است.

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 	
شماره صفحه: ۷ از ۱۱	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار	
	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱	



۴- مبانی طراحی کارخانه

۴-۱- ساعت کارکرد و توقف

بر اساس مدارک طراحی، ساعت کارکرد و ضریب دسترسی کارخانه به شرح زیر می باشد:

جدول ۱- ساعات کاری و ضریب دسترسی کارخانه

Working days per year	۳۶۵
Production days per year	۳۰۰
Working shifts per day	۳
Working hours per shift	۸
Total working hours per year	۷۲۰۰
availability Mechanical	۹۵٪
Real yearly working hours	۶۸۴۰

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 	
شماره صفحه: ۸ از ۱۱	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار	
	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱	

۲-۴- مشخصات کمی و کیفی خوراک ورودی

مشخصات کمی و کیفی خوراک ورودی به مدار سنگ شکنی و مدار تغلیظ به شرح جدول ۱ می باشد:

۴-۱-۱- مشخصات کمی

خوراک دهی با ظرفیت ۳۰ تن بر ساعت برای مدار سنگ شکنی و ۱۰ تن بر ساعت برای مدار پرعیارسازی

است

۴-۱-۲- مشخصات کیفی

مشخصات کیفی مربوط به خوراک ورودی در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات خوراک ورودی به کارخانه آهن

خوراک ورودی به مدار سنگ شکنی	
Grain Size	$d_{80} \leq 300 \text{ mm}$
Moisture	Max ۳%
خوراک ورودی به مدار آسیاکنی	
Fe Total	$\approx 37\%$
SiO ₂	؟
Grain Size	$d_{80} \leq 10 \text{ mm}$
Work Index	۱۲,۵ □□□/□□

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	پروژه: احداث کارخانه نیمه صنعتی فرآوری آهن از منابع کم عیار آهن نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار شماره صفحه: ۹ از ۱۱ شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱		کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 
--	---	--	--

۵- شرح فرآیند مدار پیشنهادی کارخانه آهن از منابع کم عیار

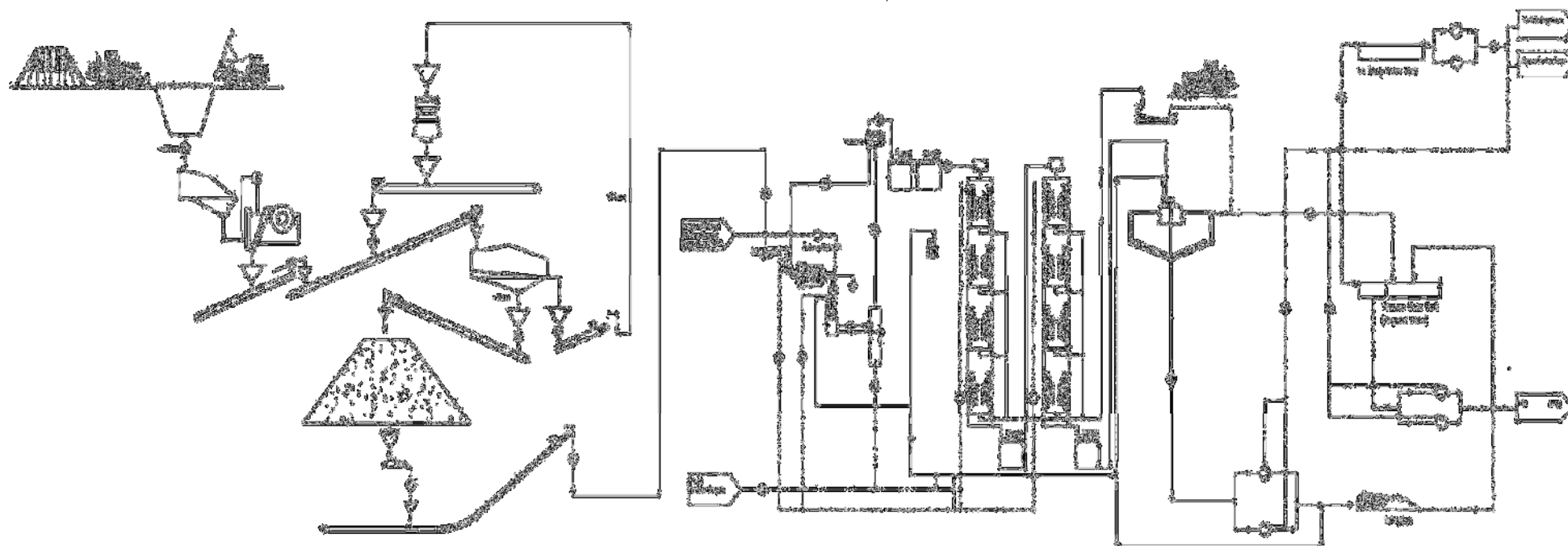
کارخانه کنسانتره معدن سنگ آهن چشمه سفید در محدوده ۳۵ کیلومتری کرمان جهت تأمین بار استفاده می گردد. کارخانه مذکور به دو بخش سنگ شکنی و سالن تولید کنسانتره تقسیم می شود. این ناحیه از ابتدای مدار آسیاکنی آغاز و تا انتهای مدار اسپیرال کارخانه تعریف شده است.

در کارخانه کنسانتره سنگ آهن، خوراک پس از خردایش توسط مدار سنگ شکنی (سنگ شکن فکی ۹۰*۶۰) با دانه بندی ریزتر از ۱۰ میلی متر (d_{80} معادل ۱۰ میلی متر) به وسیله فیدرهای زمینی از سیلوی زمینی به مدار آسیاکنی انتقال می یابد. مدار آسیاکنی در مدار کارخانه کنسانتره آهن شامل ۱ مرحله آسیاکنی است. مدار آسیاکنی شامل یک آسیای گلوله ای است که در مدار بسته با هیدروسیکلون قرار دارد. بار خردایش یافته توسط آسیا جهت کنترل دانه بندی به وسیله پمپ به هیدروسیکلون خوراک دهی می گردد. هیدروسیکلون شامل دو عدد هیدروسیکلون می باشد که ۱ عدد از آن ها در حالت کار و ۱ عدد دیگر به صورت آماده باش می باشد. با توجه به مطالعات فرآوری صورت گرفته دانه بندی $d_{80}=100$ میکرون برای محصول مدار آسیاکنی (سرریز هیدروسیکلون) در نظر گرفته شده است. ذرات درشت تر از ابعاد مطلوب فوق نیز به عنوان ته ریز هیدروسیکلون و بار در گردش جهت خردایش مجدد به آسیا انتقال می یابند. محصول مدار آسیاکنی جهت تغلیظ و پریارسازی به مدار اسپیرال منتقل می گردد. مدار اسپیرال به صورت رمق گیری هشت مرحله ای می باشد. بدین شکل که در هر مرحله محصول میانی و باطله به اسپیرال بعدی می رود و کنسانتره هر اسپیرال به عنوان محصول نهایی در نظر گرفته می شود. در نهایت کنسانتره تولیدی توسط مدار اسپیرال دارای عیار حداقل ۶ درصد و بازیابی وزنی ۲۰ درصد می باشد که جهت آگیری و کاهش میزان رطوبت به حوضچه کنسانتره انتقال می یابد. مدار آگیری کارخانه از ۱ قسمت مدار آگیری باطله تشکیل

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 	
شماره صفحه: ۱۰ از ۱۱	پروژه: احداث کارخانه نیمه صنعتی فرآوری آهن از منابع کم عیار آهن	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار
	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱	

شده است که شامل تیکنر باطله و فیلتر پرس عمودی می باشد. همان طور که گفته شد کنسانتره تولیدی توسط مدار اسپیرال وارد مدار آبیگری کنسانتره می گردد که با توجه به چگالی بالای کنسانتره از یک حوضچه تشکیل شده است. خروجی حوضچه کنسانتره با توجه به شیب طراحی شده، مقدار زیادی از آب خود را از دست داده و با رطوبت حدود ۱۴-۱۲ درصد توسط لودر به محل دپو منتقل خواهد شد. با توجه به کمبود آب طراحی تیکنر باطله ضروری به نظر می رسد. خروجی تیکنر باطله نیز محصولی با درصد جامد ۵۰ درصد می باشد. با توجه به اینکه بخش اعظم خوراک ورودی به بخش باطله انتقال می یابد لذا تیکنر باطله نقش اصلی و حیاتی بازیابی آب در کارخانه را بر عهده دارد. ته ریز تولیدی توسط تیکنر فوق نیز به سد باطله انتقال می یابد. شکل زیر فلوشیت پیشنهادی فرآیند پریارسازی آهن از منابع کم عیار توسط جدا کننده ثقلی اسپیرال را نشان می دهد:

مشاور: پژوهشکده فرآوری مواد معدنی 	کارفرما: جهاد دانشگاهی کرمان 	
پروژه: احداث کارخانه نیمه صنعتی فرآوری آهن از منابع کم عیار آهن	نام مدرک: تکنولوژی پیشنهادی برای احداث کارخانهی فرآوری آهن از منابع کم عیار	شماره مدرک: MI-JK-B۰۴-۰۱
شماره صفحه: ۱۱ از ۱۱		



شکل ۴- فلوشیت پیشنهادی فرآیند فرآوری آهن از منابع کم عیار توسط اسپیرال