

افزایش فعالیت کربن در فرایند فعالسازی مجدد مدار CIL مجتمع طلای موته

چکیده

بررسی‌ها و مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که افزایش فعالیت کربن در مدار استخراج طلا به طور موثری سبب افزایش راندمان جذب و در نتیجه افزایش راندمان تولید می‌گردد. هدف از انجام این پژوهش بررسی روش‌های افزایش فعالیت کربن و ارایه راهکار عملیاتی مدون به منظور افزایش بازده فعالسازی کربن در مدار CIL مجتمع طلای موته بود. پس از بررسی مقدماتی روش‌های افزایش فعالیت کربن فعال و همچنین بررسی فرایند فعالسازی مجدد کربن در مجتمع طلای موته، نمونه‌های آزمایشگاهی با تغییر پارامترهای مختلف فرایند فعالسازی مجدد، آماده شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها، آزمون سنجش میزان فعالیت کربن بر روی نمونه‌ها انجام شد و تحلیلی جامع بر نتایج ارایه گشت. نتایج نشان داد که افزایش دمای کوره تا ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد به همراه کاهش نرخ حرکت کربن در کوره و رساندن آن به مقدار ۵۴ kg/h و همچنین کوئچ کردن ذرات کربن در آب پس از خروج از کوره می‌تواند به عنوان بهترین راهکار عملی برای افزایش بازده عملیات فعالسازی کربن در مجتمع طلای موته به کار برده شود.

واژه‌های کلیدی: کربن فعال، فعالسازی مجدد، CIL.

مقدمه

کربن فعال ماده‌ای بسیار متخلخل با نسبت فضای خالی داخلی به وزن بالا است. واژه فعال به طور کلی به دسته‌ای از مواد با خاصیت جذب زیاد گفته می‌شود. این مواد هیچگونه ساختار مشخص و تعیین شده و یا آنالیز شیمیایی خاصی ندارند [۱-۳].

استفاده از کربن فعال برای بازیابی طلا و نقره از محلول در حدود سال ۱۸۸۰ میلادی معرفی گردید. دیویس^۱ در این سال فرآیند بازیابی طلا از محلول لیچ شده کلریدی بوسیله زغال چوب را به صورت ثبت اختراع انتشار داد. بلافاصله پس از اینکه در سال ۱۸۹۰ میلادی مشخص شد که سیانید بهترین حلال طلا می‌باشد، جانسون^۲ فرآیند استفاده از زغال چوب برای بازیابی طلا را در سال ۱۸۹۴ میلادی معرفی کرد. با این وجود استفاده از کربن فعال برای بازیابی طلا به صورت صنعتی از اوایل دهه ۱۹۵۰ میلادی شروع شد. در حقیقت از زمانی که زدر^۳ فرآیند جداسازی طلا و نقره جذب شده توسط کربن را ابداع کرد [۲، ۴-۸].

کمپلکس‌های شیمیایی طلا در محلول‌های سیانیدی یا کلریدی به خوبی توسط کربن فعال جذب می‌شوند. فرآیند جذب کمپلکس‌های سیانیدی طلا توسط کربن فعال شامل نفوذ کمپلکس به داخل حفره‌ها و جذب توسط سایت‌های فعال کربن می‌باشد. در حال حاضر این فرآیند یکی از مهمترین فرایندها در کارخانه‌های استخراج طلا محسوب می‌شود [۹ و ۱۰].

به طور کلی سه نوع فرآیند استخراج طلا توسط کربن فعال وجود دارد؛

- CIP (Carbon in Pulp): کربن فعال مستقیماً به دوغاب لیچ شده نرمة سنگ معدن افزوده می‌شود.

- CIL (Carbon in Leach): کربن فعال در تانک مخلوط کن به نرمة سنگ معدن افزوده می‌شود.

- Carbon in Columns: محلول طلای صاف شده و یا نیمه صاف شده از درون ستون‌هایی حاوی کربن فعال گرانوله عبور داده می‌شود [۱۱].

کربن فعال مورد استفاد در فرآیندهایی مانند CIP و CIL باید از مقاومت به سایش (خردایش) بسیار بالایی برخوردار باشد تا از اتلاف طلا همراه نرمة‌های کربن جلوگیری گردد. همچنین ذرات کربن فعال باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا به راحتی بتوان آن را توسط صافی از محلول جدا کرد.

وضعیت فرآیندهای مورد استفاده در بازیابی طلا بسیار خاص است. فرآیند استحصال طلا در کارخانه‌هایی در نزدیکی معادن انجام می‌پذیرد. نوع عملیات استخراج طلا به عیار و ترکیب سنگ معدن بستگی دارد. فرآیند عمومی استحصال طلا به طور کلی شامل موارد زیر است؛

- استخراج و خردایش

- تشویه کانی سولفیدی

- اتوکلاوها

¹ - Davis

³ - Johnson

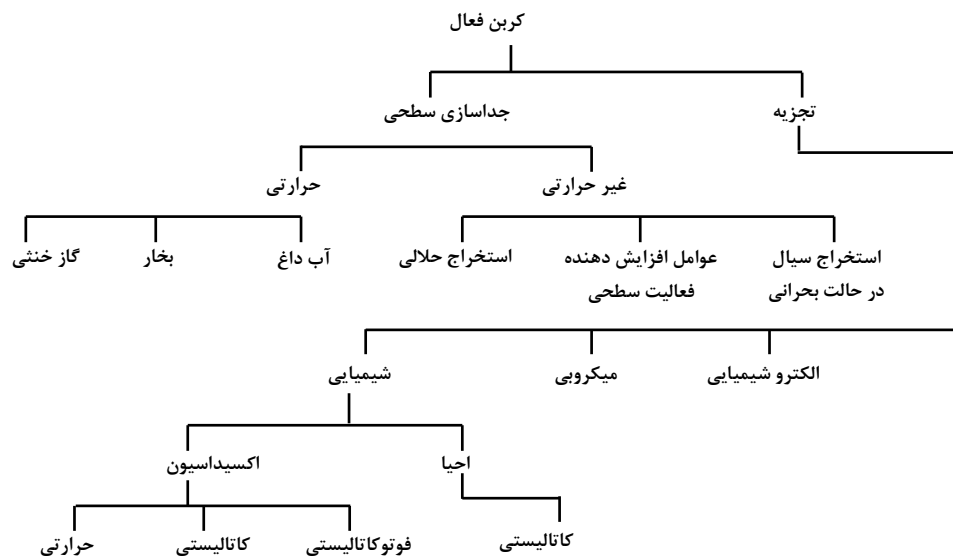
³ - Zedra

- فرآیند لیچینگ و جذب طلا بر سطح کربن
- جداسازی کربن از مدار
- شستشوی طلا از سطح کربن
- فعال‌سازی مجدد کربن

پس از آنکه طلا از کربن فعال جدا شد کربن پیش از بازگشت به فرآیند جذب سطحی، تحت فعال‌سازی مجدد قرار می‌گیرد. فعال‌سازی کربن به دلیل حضور مواد آلی و معدنی در حین عملیات بازیابی طلا انجام می‌شود. فعال‌سازی به منظور افزایش جذب سطحی کمپلکس‌های سیانید طلا صورت می‌گیرد. کوره‌های عملیات حرارتی به این منظور استفاده می‌شود. اولین روش تجارتي برای فعال‌سازی مجدد کربن، سوزاندن کربن فعال بود که در سال ۱۸۲۸ میلادی مورد استفاده قرار گرفت. این روش موجب بازیابی ظرفیت جذب سطحی کربن شد، بدون آنکه تلفات زیادی ایجاد نماید و یا سطح کربن را دچار تغییر و تحول کند [۱۲ - ۱۴].

برای سال‌ها انواع متفاوتی از روش‌های فعال‌سازی مجدد پیشنهاد شده و توسعه یافته است. این روش‌ها مبتنی بر جذب ذرات آلودگی روی کربن در دمای بالا و یا حلال مشخص و یا تجزیه این آلودگی‌ها به وسیله عملیاتی حرارتی، شیمیایی، الکتروشیمیایی و میکروبی است [۱۵ - ۱۷]. شکل ۱ انواع روش‌های کلی فعال‌سازی مجدد کربن را نشان می‌دهد. روش‌های گوناگونی برای فعال‌سازی مجدد کربن بی‌بار وجود دارد ولی فعال‌سازی حرارتی همچنان بهترین روش محسوب می‌شود.

با توجه به موارد ذکر شده، هدف از پژوهش حاضر افزایش بازده فرآیند فعال‌سازی مجدد کربن در مجتمع طلای موته با تغییر پارامترهای فرآیند موجود می‌باشد.



شکل ۱: انواع روش‌های فعال‌سازی مجدد کربن فعال .

مواد و روش تحقیق

روش مورد استفاده برای ارزیابی فعالیت کربن

درصد جذب طلا مطابق رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$A = \frac{[Au]_s^0 - [Au]_s^{15}}{[Au]_s^0}$$

در جایگه؛ A : درصد جذب طلا، $[Au]_s^0$: غلظت طلا در محلول در ابتدا و $[Au]_s^{15}$: غلظت طلا در محلول

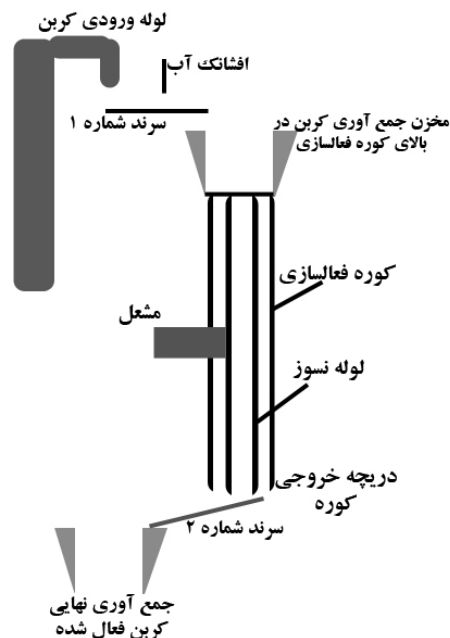
پس از ۱۵ دقیقه تماس با کربن است. فعالیت نسبی کربن استفاده شده را می توان به صورت زیر محاسبه کرد؛

$$\text{درصد فعالیت نسبی کربن استفاده شده} = \frac{AR}{AN} \times 100$$

در جایگه؛ AR درصد طلای جذب شده بوسیله کربن استفاده شده و AN درصد طلای جذب شده بوسیله کربن جدید است.

وضعیت فرایند فعالسازی مجدد کربن در مجتمع طلای مونه

در مجتمع طلای مونه برای انجام عملیات فعالسازی از کوره ستونی استفاده می شود. نمای کلی از بخش های مختلف کوره فعالسازی در شکل ۲ نشان داده شده است. کربن به کار رفته در عملیات لیچینگ CIL، پس از انجام فرایند سیانیدی برای جداسازی طلا از روی آن، تحت شستشوی با اسید و آب قرار می گیرد تا آلودگی های سطحی آن برطرف شده و منافذ سطحی آزاد گردند. در بالای کوره (محل شماره ۱ در شکل ۲)، کربن همراه با شار آب بر روی سرنندی ریخته می شود که وظیفه جداسازی شن و ذرات ریز کربن خرد شده را بر عهده دارد.



شکل ۲: شمای کلی از تجهیزات مرحله فعالسازی کربن در مجتمع طلای موته.

طراحی آزمون برای تهیه نمونه های مورد نیاز

برای بررسی تأثیر تغییر پارامترهای مختلف عملیات فعالسازی بر فعالیت کربن فعالسازی مجدد شده، مجموعه آزمون‌هایی طراحی شد که شامل تغییر وضعیت شستشوی کربن پیش از ورود به کوره فعالسازی، انجام سرند صحیح کربن پیش از ورود به کوره فعالسازی، تغییر نرخ حرکتی کربن در کوره و همچنین تغییر وضعیت حرکت کربن درون کوره، تغییر دمای فعالسازی کربن، ایجاد وضعیت سرد کردن در آب برای کربن خارج شده از کوره فعالسازی و در نهایت سرند مناسب کربن خروجی از کوره بود. در نتیجه با توجه به مسائل فوق الذکر و شرایط کوره فعالسازی، تعداد ۲۱ نمونه با اعمال شرایط ذکر شده در جدول ۱ آماده گشت. برای آماده‌سازی این نمونه‌ها تغییر در نرخ سرد شدن پس از خروج کربن از کوره، تغییر نرخ حرکت کربن در کوره و تغییر دمای کوره فعالسازی در نظر گرفته شد.

یافته ها و بحث

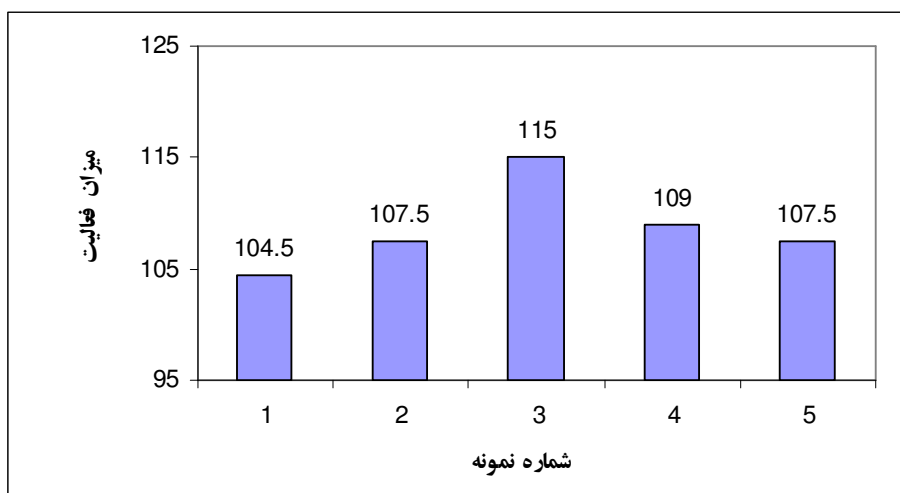
جدول ۱ نتایج به دست آمده از آزمون فعالسازی را به همراه شرایط تهیه نمونه‌ها نشان می‌دهد. با توجه به تغییر عوامل مختلف و حصول فعالیت کربن متفاوت، می‌توان تأثیر تغییر پارامترها را به طور جداگانه بررسی نموده و در نهایت شرایط بهینه عملکردی را معرفی نمود.

۱- تأثیر سرد کردن (کوئنچ) در آب

شکل ۳، تأثیر سرد کردن در آب در مقایسه با شرایط معمول تهیه کربن فعال سازی مجدد شده را نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود انجام عملیات سرد کردن در آب (مستقل از نوع آب مورد استفاده) موجب افزایش فعالیت کربن نسبت به کربن پیش از فعالسازی (نمونه ۱) و نمونه سرد شده در هوا (نمونه ۲) می‌شود.

جدول ۱: نتایج آزمون تعیین فعالیت کربن نمونه‌های تهیه شده با تغییر پارامترهای کوره فعالسازی.

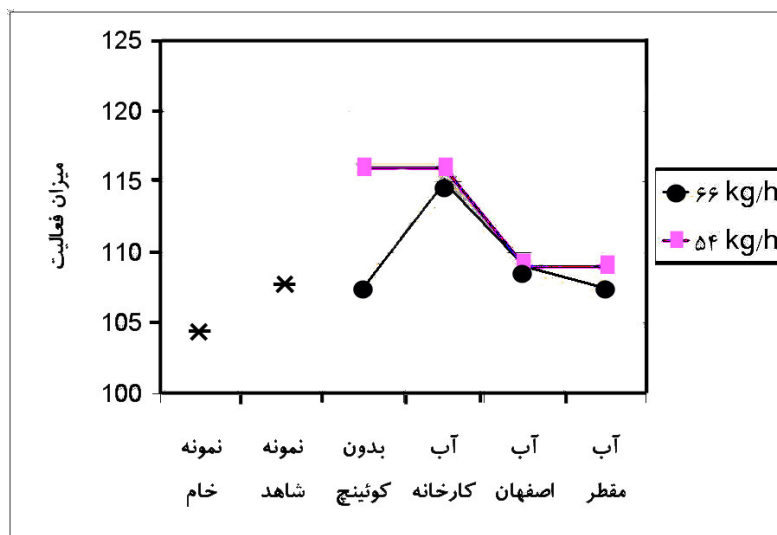
نتیجه آزمایش فعالسازی	نرخ حرکت در کوره (kg/h)	دمای کوره (°C)	وضعیت کونچ	طرز تهیه	
۱۰۴/۵	-	-	-	نمونه خام - قبل از ورود به کوره فعالسازی	۱
۱۰۷/۵	۶۶	۶۵۰	-	نمونه شاهد - فعالسازی با شرایط موجود در کارخانه	۲
۱۱۵	۶۶	۶۵۰	آب کارخانه	نمونه کونچ شده در آب کارخانه	۳
۱۰۹	۶۶	۶۵۰	آب اصفهان	نمونه کونچ شده در آب اصفهان	۴
۱۰۷/۵	۶۶	۶۵۰	آب مقطر	نمونه کونچ شده در آب مقطر	۵
۱۱۶	۵۴	۶۵۰	-	تغییر نرخ حرکت مواد در کوره	۶
۱۱۶	۵۴	۶۵۰	آب کارخانه	تغییر نرخ حرکت مواد در کوره و کونچ در آب کارخانه	۷
۱۰۹	۵۴	۶۵۰	آب اصفهان	تغییر نرخ حرکت مواد در کوره و کونچ در آب اصفهان	۸
۱۰۹	۵۴	۶۵۰	آب مقطر	تغییر نرخ حرکت مواد در کوره و کونچ در آب مقطر	۹
۱۲۲	۵۴	۷۰۰	-	تغییر دمای کوره به ۷۰۰ درجه سانتی گراد	۱۰
۱۱۳	۵۴	۷۰۰	آب کارخانه	تغییر دمای کوره به ۷۰۰ و کونچ در آب کارخانه	۱۱
۱۱۵	۵۴	۷۰۰	آب اصفهان	تغییر دمای کوره به ۷۰۰ و کونچ در آب اصفهان	۱۲
۱۱۱/۵	۵۴	۷۰۰	آب مقطر	تغییر دمای کوره به ۷۰۰ و کونچ در آب مقطر	۱۳
۱۰۳	۵۴	۷۵۰	-	تغییر دمای کوره به ۷۵۰ درجه سانتی گراد	۱۴
۱۱۶	۵۴	۷۵۰	آب کارخانه	تغییر دمای کوره به ۷۵۰ و کونچ در آب کارخانه	۱۵
۱۱۶	۵۴	۷۵۰	آب اصفهان	تغییر دمای کوره به ۷۵۰ و کونچ در آب اصفهان	۱۶
۱۱۰	۵۴	۷۵۰	آب مقطر	تغییر دمای کوره به ۷۵۰ و کونچ در آب مقطر	۱۷
۱۱۳	۶۶	۶۵۰	آب کارخانه	تکرار آزمایش ۳	۱۸
۱۱۷	۵۴	۶۵۰	-	تکرار آزمایش ۶	۱۹
۱۰۸/۷	۶۶	۶۵۰	-	تکرار آزمایش ۲	۲۰
۱۱۹	۵۴	۷۵۰	-	تکرار آزمایش ۱۴	۲۱



شکل ۳: بررسی تأثیر سرد کردن در آب بر میزان فعالیت کربن فعالسازی مجدد شده.

۲- تأثیر کاهش نرخ حرکت کربن در کوره

نتایج مقایسه میزان فعالیت کربن با تغییر نرخ حرکت در کوره در شکل ۴ آورده شده است. علاوه بر این برای مقایسه تأثیر عوامل مختلف در کنار یکدیگر، نتایج مربوط به نمونه‌های شاهد و همچنین نمونه‌های آماده شده در شرایط تغییر در نرخ حرکت در کوره به همراه سرد کردن در آب نیز در نمودار شکل ۴ دیده می‌شود.



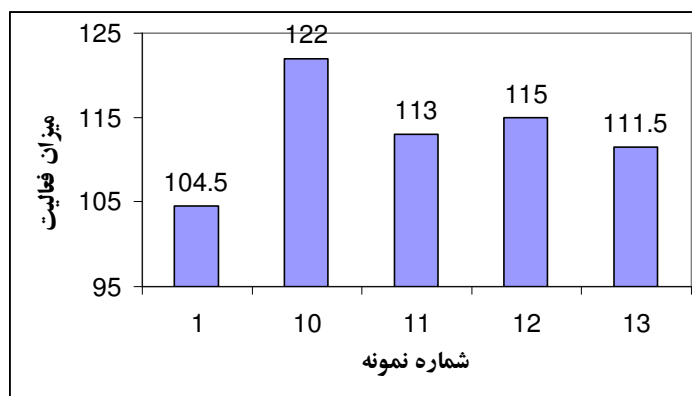
شکل ۴: تأثیر سرعت حرکت کربن و آب مورد استفاده برای کوئینچ بر میزان فعالیت کربن فعالسازی مجدد شده

(دمای فعالسازی ۶۵۰ درجه سانتی گراد)

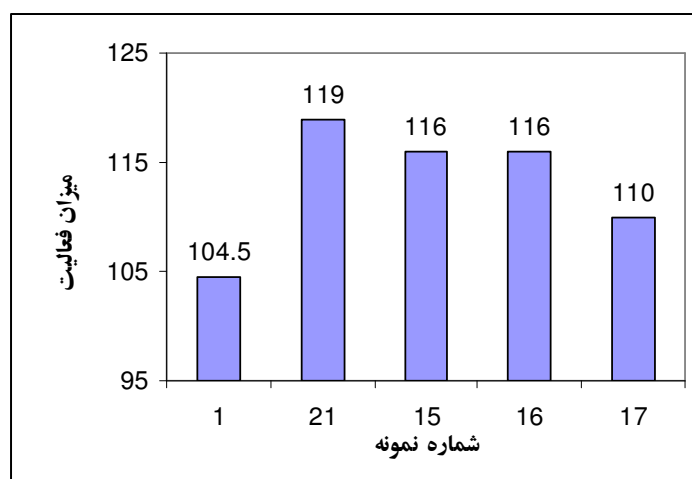
مهمترین نکته قابل بحث در مورد نمودار شکل ۴، تأثیر محسوس تر کاهش نرخ حرکت در کوره فعالسازی نسبت به سرد کردن در آب است. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۱ و شکل ۴ مشاهده می‌شود که نمونه ۶ (نرخ حرکت ۵۴ kg/h) نسبت به نمونه ۲ (نرخ حرکت ۶۶ kg/h) میزان فعالیت بسیار بالاتری را نشان می‌دهد. ولی انجام عملیات سرد کردن در آب با اینکه تأثیر مثبت خود را داشته ولی در مورد نمونه با نرخ حرکت kg/h ۵۴ در کوره موجب تأثیر گذاری منفی نیز شده است و اعداد مربوط به میزان فعالیت کربن را به اعداد مربوط به نمونه‌های با نرخ حرکت معمولی نزدیک نموده است.

۳- تأثیر تغییر دمای کوره

شکل‌های ۵ و ۶ نمودارهای نتایج نمونه‌های به دست آمده با تغییر دمای کوره را به ترتیب در دو دمای ۷۰۰ و ۷۵۰ درجه سانتی گراد نشان می‌دهد.



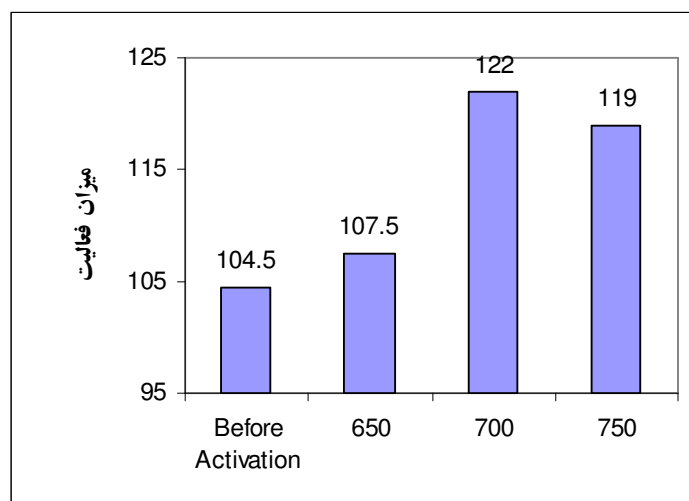
شکل ۵: تأثیر تغییر دمای کوره فعالسازی به ۷۰۰ درجه سانتی گراد بر میزان فعالیت کربن.



شکل ۶: تأثیر تغییر دمای کوره فعالسازی به ۷۵۰ درجه سانتی گراد بر میزان فعالیت کربن.

به دلیل خطای به وجود آمده در حین تهیه نمونه ۱۴، در رسم نمودارها از نتایج مربوط به نمونه ۲۱ که تکرار صحیح آزمون ۱۴ بوده استفاده گردید. مشاهده می‌شود که در هر دو سری از نمونه‌ها با افزایش دمای فعالسازی نسبت به نمونه شاهد (با دمای فعالسازی ۶۵۰ درجه سانتی گراد نمونه ۲ و ۲۰)، میزان فعالیت کربن افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش دمای کوره فعالسازی، ذرات کربن امکان بیشتری برای رسیدن به دمای بالا در کوره فعالسازی می‌یابند و در نتیجه میزان انرژی سطحی آن‌ها افزایش یافته و میزان فعالیت بالاتری نشان می‌دهند.

شکل ۷ نمودار تأثیر افزایش دمای فعالسازی را نشان می‌دهد. برای رسم این نمودار از نتایج میزان فعالیت کربن نمونه‌های ۲، ۱۰ و ۱۴ استفاده شده است. مشاهده می‌شود که افزایش دمای فعالسازی تأثیر بسیار محسوسی بر افزایش میزان فعالیت کربن دارد. نتایج مربوط به نمونه ۱ نیز برای مقایسه آورده شده است.



شکل ۷: تأثیر دمای فعالسازی (°C) بر میزان فعالیت کربن.

۴- تأثیر اندازه ذرات کربن بر میزان فعالیت کربن

نتایج آزمون‌ها در مورد نمونه بدون فعالسازی (نمونه شماره ۱) نشان داد که دارای فعالیت ۱۰۴ در مقایسه با نمونه استاندارد (با فعالیت ۱۰۰) می‌باشد. با توجه به آنکه انتظار می‌رفت نمونه بدون فعالسازی دارای فعالیت ۱۰۰ باشد، این افزایش فعالیت لزوم بررسی بیشتر مشخصات نمونه استاندارد و نمونه‌های آزمایشی را نشان داد. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که نمونه استاندارد کلیه ذرات دارای اندازه بزرگتر از ۱ میلی‌متر می‌باشند، در حالیکه نمونه‌های آزمایشی مقداری ذرات کوچکتر از ۱ میلی‌متر نیز دارند. بررسی‌های مطالعاتی نشان می‌دهد که ذرات ریز قابلیت بالاتری جهت جذب طلا دارد و لذا حضور آن‌ها سبب افزایش فعالیت کربن نمونه شاهد به مقادیر بیش از ۱۰۰ گردیده است. جهت ارزیابی تأثیر ذرات کربن کوچکتر از ۱ میلی‌متر بر فعالیت کربن، نمونه‌های تهیه شده در شرایط مختلف پیش از انجام آزمون تعیین فعالیت کربن، تحت سرند با اندازه ۱ میلی‌متر

قرار گرفتند تا میزان فعالیت ذرات کربن با اندازه بالاتر از ۱ میلی‌متر و پایین‌تر از ۱ میلی‌متر به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. نتایج به دست آمده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: بررسی تأثیر حضور ذرات کوچکتر از ۱ میلی‌متر بر میزان فعالیت کربن.

نمونه	شرایط آماده سازی نمونه	فعالیت کربن پیش از سرنند	درصد کربن سرنند شده با اندازه کوچکتر از ۱mm	فعالیت کربن با اندازه بزرگتر از ۱mm	فعالیت کربن با اندازه کوچکتر از ۱mm
۱	نمونه خام - قبل از ورود به کوره فعالسازی	۱۰۴/۵	۴/۶	۹۵/۷	۱۱۴
۲	نمونه شاهد - فعالسازی با شرایط موجود در کارخانه	۱۰۷/۵	۸	۱۰۲	-
۳	نمونه کوئچ شده در آب کارخانه	۱۱۵	۴/۲	۱۱۰	-
۶	تغییر نرخ حرکت مواد در کوره	۱۱۶	۱۰/۸	۱۱۴	-
۱۰	تغییر دمای کوره به ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد	۱۲۲	۸/۸	۱۱۷	۱۲۱

مشاهده می‌شود که اولاً ۴ تا ۱۰ درصد از کربن فعال دارای اندازه پایین‌تر از ۱ میلی‌متر می‌باشد که موجب خروج مقدار زیادی طلا به همراه آن شده و علاوه بر این در تعیین مقدار واقعی فعالیت کربن نیز مشکلاتی را ایجاد می‌نماید. مقدار فعالیت به دست آمده برای کربن فعال نشده که مطابق با استانداردهای کارخانه باید عدد کمتر یا مساوی با ۱۰۰ را نشان می‌داد و طی محاسبات انجام شده برای آن، مقدار ۱۰۴/۵ به دست آمد نیز متأثر از همین عامل بوده و ملاحظه می‌شود که ذرات کربن شماره ۱ (نمونه کربن پیش از فعالسازی) با اندازه بالاتر از ۱ میلی‌متر مقدار فعالیت ۹۵/۷ را نشان داده‌اند. محاسبات فوق به خوبی نشان داد که اعداد به دست آمده برای میزان فعالیت کربن، پیش و پس از فعالسازی مجدد تا حدودی غیر واقعی بوده و علاوه بر این به دلیل حضور ۴ تا ۱۰ کربن با اندازه ذرات پایین‌تر از ۱ میلی‌متر در سیستم، مقداری از طلا توسط آن تلف می‌شود.

نتیجه گیری

در پژوهش حاضر به بررسی روش‌های افزایش فعالیت کربن در مدار CIL مجتمع طلای موته پرداخته شد. در این پژوهش از روش‌های سرد کردن ذرات کربن در آب پس از خروج از کوره، کاهش نرخ حرکت ذرات در کوره و افزایش دمای کوره برای افزایش بازده عملیات فعالسازی استفاده شد. یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد که؛

۱- سرد نمودن نمونه‌های کربن فعال پس از خارج شدن از کوره فعالسازی در آب موجب افزایش فعالیت کربن در مقایسه با نمونه‌های سرد شده در هوا می‌شود.

۲- افزایش دمای کوره فعالسازی موجب افزایش دمای ذرات کربن درون کوره شده و با افزایش انرژی سطحی و فعالیت سطحی ذرات کربن افزایش بازده فرایند فعالسازی را نتیجه می‌دهد.

۳- در شرایط بدون کوئچ، در دمای 650°C و سرعت حرکت ۶۶ کیلوگرم کربن در دقیقه (شرایط معمول مورد استفاده) میزان فعالسازی پایین است. با کاهش سرعت حرکت مواد همانطور که اشاره شد توزیع دما همگن‌تر شده و بازده فعالسازی افزایش می‌یابد. افزایش دما تا حدی که باعث سوختن موضعی کربن نشود اثر مشابه کاهش نرخ حرکت را بر فعالیت کربن می‌گذارد. بهترین نتیجه در این شرایط، در دمای ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد و نرخ حرکت ۵۴ کیلوگرم بر دقیقه (نمونه ۱۰) به دست آمده است.

۴- در نظر گرفتن دانه‌بندی ذرات کربن در حین آزمون تعیین فعالیت کربن الزامی است، زیرا تغییر در دانه بندی موجب تغییر در میزان فعالیت شده و ذرات با دانه بندی بالاتر از ۱ میلی‌متر فعالیت کمتری را نسبت به ذرات با دانه بندی پایین‌تر از ۱ میلی‌متر نشان می‌دهند.

1. A. Muir, J. Mitchell, S.R. Flatman, C. Sabbagha, "A partial guide to re-treatment of gold processing residues", *Minerals Engineering*, Vol. 18, pp. 811-824, 2005.
2. M. Sheintuch, Y.I. Matatov-Meytisl, "Comparison of catalytic processes with other regeneration method of activated carbon", *Catalyst Today*, Vol. 53, pp. 73-80, 1999.
3. J. Katz, S. Strum, "Process descriptions and material flows for gold ore processing facilities", U.S. Environmental Protection Agency, 2001.
4. Y. F. Jia, C. J. Steele, I. P. Hayward, K. M. Thomasa, "Mechanism of adsorption of gold and silver species on activated carbon", *Carbon*, Vol. 36, pp. 1299-1308, 1998.
5. D. Menard, X. Py, N. Mazet, "Activated carbon monolith of high thermal conductivity for adsorption", *Chemical Engineering and Processing*, In press, 2006.
6. M. Mercedes Moroto-Valer, I. Dranca, D. Clifford, T. Lupascu, R. Nastas, C. Leon, "Thermal regeneration of activated carbons saturated with ortho- and meta-chlorophenols", *Thermochimica Acta*, Vol. 444, pp. 148-156, 2006.
7. E. Sabio, E. Gonzalez, J.F. Gonzalez, C.M. Gonzalez, A. Ramiro, J. Ganan, "Thermal regeneration of activated carbons saturated with P- nitrophenol", *Carbon*, Vol. 42, pp 2285-2293, 2004.
8. K.L. Rees, J.S.J. van Deventer, "The mechanism of enhanced gold extraction from ores in the presence of activated carbon", *Hydrometallurgy*, Vol. 58, pp. 151-167, 2000.
9. R.K. Amankwah, C.A. Pickles, W.T. Yen, "Gold recovery by microwave augmented ashing of waste activated carbon", *Minerals Engineering*, Vol. 18, pp. 517-526, 2005.
10. K.L. Rees, J.S.J. van Deventer, "Gold process modelling I; batch modelling of the processes of leaching and adsorption onto activated carbon", *Minerals Engineering*, Vol. 14, pp. 753-773, 2001.
11. K.L. Rees, J.S.J. van Deventer, "Gold process modelling II; The effect of ore type on leaching and adsorption dynamics", *Minerals Engineering*, Vol. 14, pp. 887-900, 2001.
12. M.A. Ferro-Garcia, E. Utrera-Hidalgo, J. River-Utrilla, "Regeneration of activated carbons exhausted with chlorophenols", *Carbon*, Vol. 31, pp. 857-863, 1993.
13. M.K. Purkait, A. Maiti, S. DasGupta and S. De, Removal of congo red using activated carbon and its regeneration, *Hazardous Materials*, 145(1-2), 2007, 287-295.
14. D. Menard, X. Py and N. Mazet, Activated carbon monolith of high thermal conductivity for adsorption processes improvement: Part B. Thermal regeneration, *Chemical Engineering and Processing*, 46(6), 2007, 565-572.
15. Özgür Aktaş and Ferhan Çeçen, Bioregeneration of activated carbon: A review, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 59(4), 2007, 257-272.
16. Kiyokazu Okawa, Kazuyoshi Suzuki, Toshihiro Takeshita and Katsuyuki Nakano, Regeneration of granular activated carbon with adsorbed trichloroethylene using wet peroxide oxidation, *Water Research*, 41(5), 2007, 1045-1051.
17. Jon Arvid Lie and May-Britt Hägg, Carbon membranes from cellulose: Synthesis, performance and regeneration, *Membrane Science*, 284(1-2), 2006, 79-86.