



IRANIAN MINES AND MINING INDUSTRIES DEVELOPMENT
AND RENOVATION ORGANIZATION

سازمان توسعه و نوسازی
معادن و صنایع معدنی ایران

مطالعه فرآوری بیتومین (قیر طبیعی) به منظور کاهش گوگرد و خاکستر و تولید

آسفالت‌های ویژه در مقیاس آزمایشگاهی

(پیوست گزارش پیش امکانسنجی ارزیابی فنی، مالی و اقتصادی)

شماره قرارداد: ۲۳۰۲۹

مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران

بهمن ماه ۱۳۹۹

مقدمه

با توجه به ذخایر بسیار عظیم نفت فوق سنگین و قیر طبیعی در دنیا که بیش از ۴/۳ تریلیون بشکه می‌باشد روند رو به کاهش ذخایر نفت‌های سبک، ذخایر قیر طبیعی مبدل به کانون توجهات و مطالعات اغلب کشورها خصوصاً کشورهای پیشرفته شده است، با این وجود هنوز این ماده جایگاه اصلی خود را پیدا نکرده است. قیر طبیعی امروزه به عنوان یک ماده معدنی صنعتی مهم به شمار می‌رود. بیتومین دارای مصارف گسترده‌ای در صنعت می‌باشد که مصارف عمده آن در تولید کک، سوخت، صنایع باتری سازی، واکس-سازی، تهیه انواع گازها، ساخت صمغ انواع رزین و در جاده‌سازی کاربرد فراوان دارد. در ایران قیر طبیعی بیشتر برای ایزوگام مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر این ماده بیشتر به کشورهای مالزی، هند، آلمان، اوکراین، ترکیه و چین صادر می‌شد.

برای انجام مطالعات و بررسی‌های لازم با هدف کاهش خاکستر و تولید آسفالت‌های ویژه، جهت معادن قیر طبیعی ایران، به یک معدن که معرف قیرهای طبیعی کشور باشد نیاز بود، که بعد از جلسات و مکاتبات انجام شده با ایمیدرو و سازمان صنعت معدن تجارت استان کرمانشاه که درخواست انجام پروژه توسط این استان انجام شده بود، مرجان معدن غرب در استان کرمانشاه به عنوان معدن هدف به مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران معرفی شد.

مطالعات پیشینه فرآوری قیر طبیعی

در بررسی پیشینه آزمون‌های فرآوری انجام شده و نتایج حاصل بر روی قیر طبیعی استان کرمانشاه و ایلام، ۲ نمونه که یکی توسط مرکز تحقیقات یزد در سال ۱۳۸۵ و دیگری توسط مرکز تحقیقات کرج در سال ۱۳۹۵ انجام شده بود مورد بررسی قرار گرفت که خلاصه‌ای از آزمون‌های انجام شده در فصل دوم آورده شد.

در مرکز تحقیقات مواد معدنی ایران آزمایش غرق و شناورسازی توسط محلول سنگین تهیه شده از انحلال کلرید روی در آب انجام شد و توانست از خاکستر ۲۹ درصد خوراک اولیه، محصولی با خاکستر ۲۴ درصد با بازیابی ۶۳ درصد تولید کند. در آزمایش های فلوتاسیون، از نفت سفید به عنوان کلکتور، از MIBC به عنوان کف ساز و از سیلیکات سدیم، به عنوان بازداشت کننده رس ها استفاده شد، که در بهترین حالت، خاکستر موجود در نمونه از ۲۸ درصد در خوراک، به ۲۲ درصد در کنسانتره تقلیل یافته است.

در مرکز تحقیقات یزد از فرآیندهای جدایش با واسطه سنگین، جیگ، میز لرزان، مارپیچ همفری، فلوتاسیون و انحلال شیمیایی برای کاهش خاکستر استفاده شده است. برای آزمایش های غرق و شناورسازی از انحلال کلرید روی در آب استفاده شده و با توجه به نتایج حاصله مشخص گردیده که غرق و شناورسازی تاثیر چندانی در کاهش محتوای خاکستر خوراک نداشته است و در بهترین شرایط توانسته است از خاکستر حدود ۱۰ درصد خوراک اولیه، محصولی با خاکستر حدود ۷ درصد با بازیابی ۱۵/۵ درصد تولید کند.

برای جدایش با میز لرزان نتایج به دست آمده از آزمایش ها نشان می دهد که پر عیار سازی ثقلی به روش میز، نتوانسته است تاثیر زیادی در کاهش خاکستر ایجاد کند و در بهترین حالت با عیار خوراک ۸/۸۹ درصد، بازیابی ۷۱/۱۵ درصد با ۸/۰۱ درصد خاکستر حاصل شده است.

برای انجام آزمایشات مارپیچ همفری در بهترین حالت، از خوراک با عیار ۱۰/۴۴ درصد خاکستر کنسانتره ای با عیار ۷/۴۴ درصد خاکستر و بازیابی ۸۲/۴ درصد گیلسونیت به دست آمده است.

برای انجام آزمایشات جیگ از خوراکی با خاکستر ۱۲/۴۲ درصد، کنسانتره ای با بازیابی ۷۱ درصد و درصد خاکستر ۸/۲۴ به دست آمده است.

برای انجام آزمایش های فلوتاسیون از کروزن یا گازوئیل به عنوان کلکتور، از روغن کاج و MIBC به عنوان کف ساز، از سیلیکات سدیم، اسیدتانیک، اسیدسولفوریک و سیانیدسدیم به عنوان بازداشت کننده

استفاده شد، در بهترین حالت، از خوراکی با خاکستر ۹/۹۱ درصد، کنسانتره‌ای با عیار ۷/۱ درصد خاکستر و بازیابی ۷۹/۶ درصد گیلسونیت به دست آمده‌است.

به منظور بررسی قابلیت انحلال گیلسونیت در حلال‌های مختلف استفاده شد. در بهترین حالت، در حلال کروزن از خوراکی با خاکستر ۹/۹۱ درصد، کنسانتره‌ای با عیار ۵/۹۵ درصد خاکستر و بازیابی ۳۹/۱ درصد گیلسونیت به دست آمده‌است.

آزمایش‌های فرآوری، کاهش خاکستر و گوگرد

مطالعات میکروسکوپی و بطور کلی شناسایی نمونه انجام گرفت. در ابتدا آنالیزهای مورد نیاز روی نمونه اولیه انجام شد که میزان خاکستر آن ۱۸,۰۵٪ و میزان گوگرد نمونه ۸,۱٪ بدست آمد. مطالعات کامل میکروسکوپی روی نمونه اولیه و بعد از کاهش خاکستر انجام شد.

آزمایش‌های مربوط به کاهش خاکستر با چند روش انجام شد. آزمایش‌های امکان سنجی با روش فلوتاسیون بر روی نمونه ریز دانه انجام شد که در آن پارامترهایی مانند درصد جامد و کلکتور (نفت) و زمان کف‌گیری بهینه شد. بهترین نتیجه مربوط با زمان آماده‌سازی ۱۴ دقیقه، دور همزنی ۲۷۰۰ rpm، زمان هوا دهی ۳۰ ثانیه و زمان کف‌گیری ۱ دقیقه می‌باشد که این روش توانست ۲۰,۸٪ خاکستر گیلسونیت را کاهش دهد.

در آزمایش‌های بعدی از روش‌های شیمیایی برای کاهش خاکستر استفاده شد. حلال‌های مختلفی اعم از قطبی، غیرقطبی و حلال‌های ترکیبی مانند گازوئیل و بنزین مورد آزمایش قرار گرفت. یکی از حلال‌هایی که بهترین کارایی از نظر کاهش خاکستر، راندمان استخراج، بازیافت بهتر و آلاینده‌گی محیط زیستی را نشان داد، تولوئن می‌باشد. با استفاده از این حلال، در شرایط بهینه انحلال انجام شد و نمونه حاصل آنالیز شد که به مقدار ۹۱/۲٪ خاکستر آن کاهش یافت و کمتر از ۲٪ شد.

نکته قابل توجه، تغلیظ فلز با ارزش وانادیوم بعد از استخراج می باشد. غلظت وانادیم در نمونه اولیه از ۰/۴۵۵ درصد به ۱/۰۵۷ درصد در خاکستر ماده استخراجی رسیده است که حدود ۲/۳ برابر گیلسونیت اولیه می باشد که نتایج ICP و XRF هر دو این مطلب را تأیید می کنند.

در مرحله بعد آزمایش هایی جهت کاهش گوگرد انجام شد، با توجه به آزمایش های فلوتاسیون صورت گرفته و آنالیز گوگرد محصولات، این نتیجه بدست می آید که آزمایش های فلوتاسیون می توانند تا حدودی در کاهش گوگرد موثر باشند ولی نمی توانند کاهش زیادی در میزان گوگرد ایجاد کنند.

یکی از آزمایش های شیمیایی که برای کاهش گوگرد انجام شد، شستشوی نمونه با محلول سود می باشد که در بهترین شرایط با محلول سود ۲۰٪ و زمان ۳۰ دقیقه توانست مقدار گوگرد را از ۸۱٪ به ۶۷٪ کاهش دهد. یکی دیگر از آزمایشاتی که برای کاهش گوگرد روی نمونه قیر طبیعی انجام شد اختلاط سودپرک و قیر طبیعی می باشد. که در بهترین شرایط توانست مقدار گوگرد را از ۸۱٪ به ۶۴٪ کاهش دهد. در نهایت برای کاهش گوگرد از روش انحلال شیمیایی استفاده شد که با این روش مقدار گوگرد از ۸۱٪ به ۷۴٪ کاهش یافته است. کم هزینه ترین روش برای کاهش گوگرد روش انحلال شیمیایی می باشد و روش های دیگر در صورتی قابل توجیه است که برای تولید موادی با ارزش افزوده بسیار بالا هزینه شوند نه برای تولید آسفالت، که یکی از اهداف استفاده از قیر طبیعی در تولید آن کاهش مصرف قیر نفتی و متعاقب آن کاهش هزینه های تولید می باشد.

تولید آسفالت

بعد از بررسی‌ها و مطالعاتی که بر روی تولید قیر جهت مصارف آسفالت صورت گرفت، اصلاح قیر خالص (قیر نفتی) به منظور بهبود ویژگی‌ها و عملکرد آن مورد توجه قرار گرفت. بدین منظور ترکیب درصدهای مختلفی از قیر طبیعی و قیر نفتی در شرایط بهینه تهیه شد و آزمایشات قیر روی آن‌ها انجام شد. با افزایش درصد گیلسونیت، مشخصات محصول تولیدی از قیر ۶۰-۷۰ به سمت قیر ۴۰-۵۰ می‌رود. با افزایش ۱۱ درصد گیلسونیت، محصول تولیدی مشخصات قیر ۶۰-۷۰ را دارد، و با افزایش ۱۷ درصد گیلسونیت، در دسته‌بندی قیرهای ۴۰-۵۰ قرار می‌گیرد، با این مزیت که نفوذپذیری پایین‌تری نسبت به قیر نفتی دارند و همچنین کندروانی افزایش یافته است که این پارامتر برای مناطق گرم و در جاهایی که آسفالت فشار زیادی را تحمل می‌کند از اهمیت بالایی برخوردار است.

آزمایشات ذکر شده برای دو محصول با ۱۱ و ۱۷ درصد گیلسونیت، مجدداً با قیر طبیعی فرآوری شده که در بخش‌های قبلی انجام شد، تکرار گردید، اختلاف محسوسی در نتایج مشاهده نشد که نشان می‌دهد کاهش خاکستر و گوگرد تأثیری در محصول تولید شده ندارد. همچنین با توجه به هزینه‌هایی که کاهش خاکستر و گوگرد دارند، محصول تولیدی برای تولید آسفالت صرفه اقتصادی نخواهد داشت، در صورتی که یکی از مزایای استفاده از گیلسونیت، قیمت بسیار پایین‌تر آن نسبت به قیر نفتی می‌باشد که هزینه محصول تولیدی را کاهش می‌دهد.

پیش امکانسنجی و بررسی فنی، مالی و اقتصادی جهت کاهش خاکستر

هدف اصلی تولید گیلسونیت فرآوری شده با خاکستر کمتر از ۲ درصد، با حجم تولید ۱۵۰۰۰ تن در سال می باشد. ماده اولیه شامل سنگ های حمل شده به محل کارخانه با خاکستر بالای ۲۰ درصد که دارای ارزش کمتری نسبت به سایر قیرهای طبیعی هستند و ابعاد حد اکثر ۳۵ سانتیمتر می باشند.

برطبق آزمایش های انجام شده، بازیابی با روش انحلال شیمیایی برای خوراکی با خاکستر ۱۸ درصد، با کسر خاکستر اولیه، ۷۳ درصد بدست آمد و با توجه به اینکه سنگ های ورودی به کارخانه درصدهای متفاوتی از خاکستر را دارا می باشند، برای ارزیابی فنی و اقتصادی، بازیابی ۷۰ درصد لحاظ شد.

با توجه به این که تاکنون گیلسونیت فرآوری شده در داخل کشور وجود نداشته، قیمت فروش محصول موردنظر در بازار داخلی مشخص نیست، اما با توجه به عملیات خالص سازی که بر روی کانسنگ (حاوی ۲۰ درصد خاکستر) انجام می شود و کاهش خاکستر تا حدود ۲ درصد، قیمت فروش محصول به صورت حداقل درنظر گرفته شده که ۳۵ میلیون ریال برای هر تن می باشد. که این ماده برای مصارف گوناگونی قابل استفاده بوده و هر کدام از آنها ارزش متفاوتی دارند. بطور مثال اگر از این ماده برای تولید کربن بلک، کربن فعال، آند گرافیتی و یا جوهر پرینتر استفاده شود ارزش آن بیشتر از ۶ برابر می گردد. با توجه به اینکه هدف اصلی این پروژه کاهش خاکستر بوده است. برای تولید این محصولات با ارزش بررسی تخصصی نشده است و می توان در پروژه های بعدی متناسب با درخواست سرمایه گذار روی هر یک از این محصولات بصورت جداگانه بررسی های تخصصی صورت پذیرد.

*لازم بذکر است با توجه به سطح داده های حاصل از مطالعات پروژه در ادامه برآورد هزینه های سرمایه گذاری و نیز شاخصهای اصلی اقتصادی آورده شده و جریات تجهیزات و امکانات مورد نیاز جهت احداث کارخانه و کل هزینه های مربوطه به همراه جداول و نمودارهای کامل سرمایه گذاری ها، شاخصهای اقتصادی و سایر خروجی های نرم افزار COMFAR که حاصل پردازش مالی و اقتصادی بر مبنای سطح داده های فعلی می باشد در فایل ضمیمه ارائه شده است.

برآورد هزینه های سرمایه گذاری

هزینه های سرمایه گذاری شامل زمین، آماده سازی زمین و محوطه سازی، ساختمان های تولیدی به مساحت ۲۰۰۰ مترمربع و غیر تولیدی مانند: سایت خردایش به مساحت ۵۰۰ مترمربع، آزمایشگاه، ساختمان اصلی اداری، انبار به مساحت ۱۲۰ متر مربع، اتاق باسکول و نگهبانی، سرویس بهداشتی و حمام، آشپزخانه و سالن غذاخوری و ساختمان کارگاه می باشد. همچنین شامل تأسیسات، ماشین آلات و تجهیزات کارخانه و ... می باشد که در جدول زیر نشان داده شده است. هر کارخانه ای، برای شروع تولید و پرداخت برخی هزینه های عملیاتی؛ شامل حقوق، تهیه برخی مواد مصرفی و غیره، در چند ماه اول پس از راه اندازی، نیاز به مقداری نقدینگی دارد که سرمایه در گردش نامیده می شود.

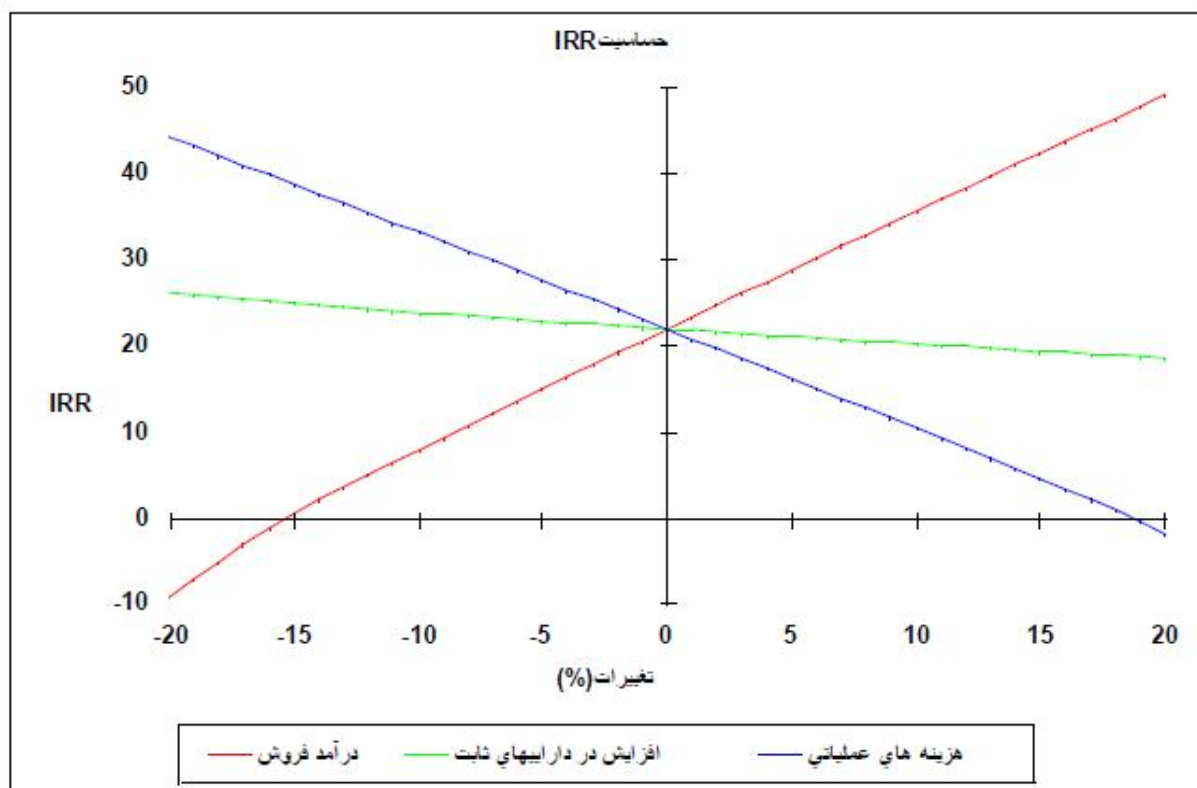
کل سرمایه گذاری	فاز تولید	فاز ساخت	
257,920,000/00	64,800,000/00	193,120,000/00	کل هزینه های ثابت سرمایه گذاری
1,000,000/00	0/00	1,000,000/00	کل مخارج پیش از تولید
1,000,000/00	0/00	1,000,000/00	مخارج پیش از تولید (خلص از بهره)
0/00	0/00	0/00	بهره
107,817,822/00	0/00	107,817,822/00	افزایش در سرمایه در گردش خالص
366,737,822/00	64,800,000/00	301,937,822/00	کل هزینه های سرمایه گذاری

آنالیز حساسیت و خالص ارزش فعلی طرح

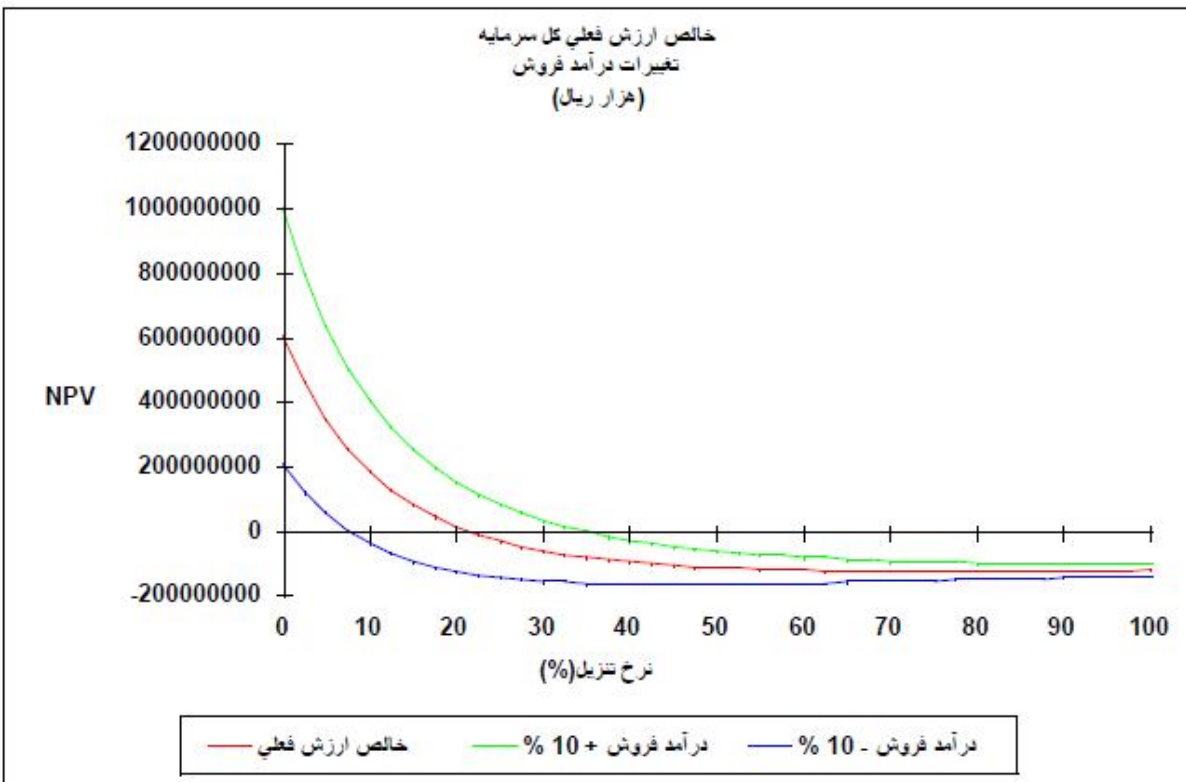
منظور از آنالیز حساسیت، بررسی نحوه تغییر شاخص‌های اقتصادی طرح، در مقابل تغییر عوامل

اقتصادی (درآمد، هزینه‌های ثابت و جاری و غیره) می‌باشد، به عنوان مثال اگر قیمت فروش محصول تغییر

کند (کم یا زیاد شود) چه تأثیری بر ارزش خالص فعلی پروژه یا زمان بازگشت سرمایه خواهد داشت.



تغییرات (%)	درآمد فروش	افزایش در داراییهای ثابت	هزینه های عملیاتی
-20/00	% -8/99	% 26/21	% 44/41
-16/00	% -0/95	% 25/30	% 40/00
-12/00	% 5/15	% 24/44	% 35/56
-8/00	% 10/88	% 23/62	% 31/10
-4/00	% 16/52	% 22/84	% 26/61
0/00	% 22/08	% 22/08	% 22/08
4/00	% 27/59	% 21/36	% 17/52
8/00	% 33/04	% 20/67	% 12/91
12/00	% 38/45	% 20/01	% 8/23
16/00	% 43/84	% 19/36	% 3/48
20/00	% 49/20	% 18/75	% -1/80



نرخ تنزیل (%)	خالص ارزش فعلی	درآمد فروش + 10%	درآمد فروش - 10%
% 0/00	611,031,027/87	1,004,781,027/87	217,281,027/87
% 10/00	189,620,333/94	409,567,906/47	-30,327,238/60
% 20/00	20,705,437/92	158,270,928/23	-116,860,052/39
% 30/00	-54,004,315/42	39,633,659/79	-147,642,290/63
% 40/00	-89,243,188/59	-21,361,505/13	-157,124,872/05
% 50/00	-106,269,750/39	-54,680,180/71	-157,859,320/07
% 60/00	-114,211,498/01	-73,568,907/94	-154,854,088/07
% 70/00	-117,339,412/96	-84,415,306/32	-150,263,519/61
% 80/00	-117,803,166/03	-90,535,999/14	-145,070,332/91
% 90/00	-116,752,564/20	-93,763,805/20	-139,741,323/21
% 100/00	-114,833,953/23	-95,165,679/30	-134,502,227/15

جرئیات تجهیزات و امکانات مورد نیاز جهت احداث کارخانه و کل هزینه های مربوطه در فایل ضمیمه

توسط نرم افزار COMFAR ارائه شده است.