بسم الله الرحمن الرحيم

IRANIAN MINES AND MINING INDUSTRIES DEVELOPMENT AND RENOVATION ORGANIZATION

سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران

مطالعه روش های شستشوی زغال سنگهای حرارتی حوزه های زغال دار مزینو کوچکعلی (شمالی و جنوبی) و کمر مهدی در مقیاس ازمایشگاهی با هدف تولید محصول مابق استاندارد بازارهای هدف

خلاصه مدیریتی

پژوهشکده فرآوری مواد معدنی (واحد تربیت مدرس)

گروه پژوهشی کنترل و مدل‌سازی سیستم‌های فرآوری مواد معدنی

زهرا بهری

شهریور ۱۴۰۰

با توجه به شرایط منطقه و کارگاهها و لایه های زغالی در دسترس، اکسیده بودن نمونه های سطحی و ثبات نسبی لیتولوژی های لایه های زغالی منطقه طبس با هماهنگی مجتمع زغال سنگ طبس به عنوان ناظر فنی, به منظور برداشت مناسب ترین نمونه ها برای انجام مطالعات موضوع قرارداد، بررسی و هماهنگی لازم به عمل آمد و محل های برداشت نمونه ها تعین گردیدِ. در این راستا سه نمونه از لایه K_1، K_2 و K_3 با هدف پوشش تیپ های مختلف زغالی منطقه برداشت شد و مطالعات مورد نظر مندرج در شرح خدمات بر روی این سه تیپ انجام پذیرفت. نتایج حاصل از مطالعات مذکور به تفضیل در گزارش آورده شده است.

- **جمع آوری اطلاعات:**

ابن بخش شامل گزارش مرحله اول می شود که به آشنایی با زغالسنگ، طبقه بندی انواع زغالسنگ، تفاوت زغالسنگ حرارتی و کک شو، مراحل اکتشاف و استخراج، مواد معدنی و ماسرال های موجود در زغالسنگ، کلیاتی از معدن کوچعلی در منطقه طبس مانند نوع زغالسنگ موجود در منطقه، میزان ذخیره، موقعیت جغرافیایی منطقه، راه های ارتباطی، زمین شناسی عمومی و تکتونیک ناحیه، روش های متداول شستشوی زغالسنگ، تاریخچه فرآوری، انواع روش ها و دستگاه های شستشو از جمله جیگ، میز، مارپیچ، واسطه سنگین، جداکننده مغناطیسی، فلوتاسیون و آگلومراسیون، تکنولوژی های نوین جدایش در شستشوی زغالسنگ مانند دستگاه های TBS[۱] ، جداکننده ریفلاکس[۲] هیدروفلوت[۳] مارپیچ‌های مخصوص زغالسنگ و سلول ایمهوفلوت[۴] مروری بر تحقیقات فرآوری زغالسنگ در جهان و ایران اشاره شده است. در ادامه گزارش مرحله اول به نحوه نمونه برداری و انواع آنالیز ها (درصد خاکستر، مواد فرار، رطوبت، گوگرد، اندیس هاردگرو، آناکوندا، درجه آزادی، پتروگرافی و مینرالوگرافی) نمونه های ارسالی به پژوهشکده و دانه بندی نمونه اولیه پرداخته شد که بخشی از نتایج به صورت زیر می باشد.

[۱] Teetered Bed Separator
[۲] Reflux Classifier
[۳] Hydrofloat
[۴] Imhoflot G-Cell

در این مطالعه دو نمونه از دو لایه K_1 و K_2 به ترتیب از عمق ۴۳ و ۲۵ متری در محدوده کوچک علی شمالی بر طبق مشخصات محل نمونه برداری مطابق جدول ۱ برداشته شد و نمونه K_3 ترکیبی از لایه های منطقه کوچکعلی توسط کارشناسان مجتمع زغالسنگ طبس برداشت شده است.

(۱) مشخصات محل نمونه برداری

نام لایه زغال سنگی	مختصات (UTM)		وزن تقریبی نمونه (کیلوگرم)	نام اکلون	عمق نمونه برداری (متر)
	Y	X			
K_1	۳۶۸۴۷۸۵	۴۳۸۷۴۰	۱۵۰	INC 2	۴۳
K_2	۳۶۸۵۳۴۸	۴۳۸۷۵۱	۱۵۰	INC 1	۲۵
K_3	ترکیبی از لایه های منطقه کوچکعلی				

درصد خاکستر، رطوبت، مواد فرار و گوگرد برای نمونه K_1 به ترتیب ۳۶/۲۰، ۰/۵۵، ۱۵/۶۸ و ۰/۷ و برای نمونه K_2 به ترتیب ۵۷/۱۰، ۰/۵۷، ۱۶/۲۶ و ۰/۳۷ به دست آمد. نتایج آنالیز هاردگرو و آناکوندا برای نمونه K_1 به ترتیب ۹۶/۵ و ۹/۱۴ (Kwh/sh.t) و برای نمونه K_2 به ترتیب ۹۳ و ۷/۱ (Kwh/sh.t) حاصل شد. مطالعات درجه آزادی نشان داد ۸۰ و ۸۳/۳۳ درصد از زغال نمونه K_1 و K_2 به ترتیب در ابعاد ۷ میلی متر آزاد می شود. با توجه به آنالیزهای پتروگرافی و مینرالوگرافی، تشکیل دهنده های اصلی نمونه K_1 اینترتینیت(فوزینیت)، ویترینیت است و کانی های پیریت و هیدروکسید و اکسید آهن در این نمونه تشکیل شده است. تشکیل دهنده های اصلی نمونه K_2 ماسرال های ویترینیت(کالودترینیت)و اینترتینیت(فوزینیت) است و کانی های پیریت و هیدروکسید و اکسید آهن مانند نمونه قبل در این نمونه تشکیل شده است. برای نمونه K_3 درصد گوگرد و خاکستر به ترتیب ۱/۱۹ و ۵۴/۴۳ به دست آمد و مطالعات درجه آزادی نشان داد ۸۰ درصد زغال در ابعاد ۷ میلی متر آزاد می شود. اندیس هاردگرو این نمونه با استفاده از دستگاه کالیبره شده ۱۰۲/۰۶ تعیین گردید. مطالعه نمونه زغالسنگ، ترکیب کانی شناسی این زغالسنگ را شامل کوارتز، کائولینیت، پیریت، مشخص کرده است. پیریت وکائولینیت در مقادیر کم و کوارتز و رس نیز در مقادیر بسیار زیاد در این نمونه حضور دارند.

- **شسشتو نمونه های زغالسنگ**

➢ **مطالعه قابلیت شستشو پذیری زغال حرارتی لایه K_1 و K_2 به روش غرق و شناور سازی**

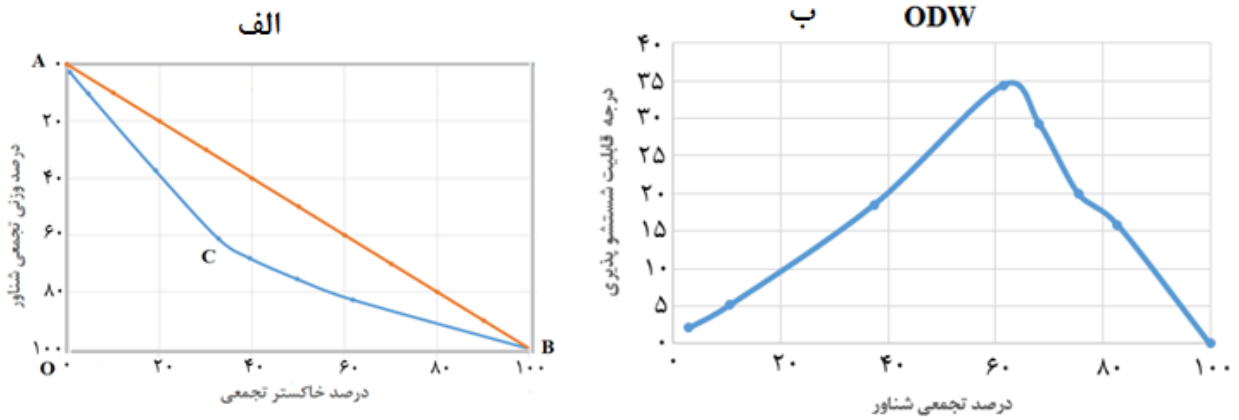
برای آزمایش غرق و شناورسازی از کلرید روی با وزن مخصوص ۲/۹۱ گرم بر سانتی متر مکعب برای آماده سازی هفت محیط سنگین با وزن مخصوص های ۱/۳، ۱/۴، ۱/۵، ۱/۶، ۱/۷، ۱/۸ و ۱/۹ گرم بر سانتی متر مکعب استفاده شد. محدوه های دانه بندی برای هر دو نمونه K_1 و K_2 برای مطالعه غرق و شناورسازی، ۱-۴/۷ میلی متر، ۴/۷-۱۲/۵ میلی متر و ۱۲/۵-۵۰ میلی متر انتخاب شد.

- نمونه **K_1**

❖ نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۴/۷-۱میلی متر (جدول ۲ و شکل ۱)

(۲) نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر روی نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۴/۷- ۱ میلی متر

بخش های جرم مخصوص	وزن (٪)	خاکستر (٪)	توزیع خاکستر	جرم مخصوص g/cm³	محصول شناور تجمعی			محصول غرق شده تجمعی		
					وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)	وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)
-۱/۳	۲/۸۶	۸/۶	۲۴/۵	۱/۳	۲/۸۶	۲۴/۵۹	۸/۶	۹۷/۱۴	۳۵۸۱/۲۱	۳۶/۸۶
۱/۳-۱/۴	۷/۴۷	۱۸/۷	۱۳۹/۶۸	۱/۴	۱۰/۳۳	۱۶۴/۲۸	۱۵/۹۰	۸۹/۶۷	۳۴۴۱/۵۳	۳۸/۳۷
۱/۴-۱/۵	۲۷/۰۳	۱۹/۴	۵۲۴/۳۸	۱/۵	۳۷/۳۶	۶۸۸/۶۶	۱۸/۴۳	۶۲/۶۴	۲۹۱۷/۱۴	۴۶/۵۷
۱/۵-۱/۶	۲۴/۰۳	۲۰/۵	۴۹۲/۶۱	۱/۶	۶۱/۳۹	۱۱۸۱/۲۸	۱۹/۲۴	۳۸/۶۱	۲۴۲۴/۵۳	۶۲/۷۹
۱/۶-۱/۷	۶/۷۱	۳۵/۸	۲۴۰/۲۱	۱/۷	۶۸/۱	۱۴۲۱/۵	۲۰/۸۷	۳۱/۹	۲۱۸۴/۳۱	۶۸/۴۷
۱/۷-۱/۸	۷/۳۶	۵۰/۴	۳۷۰/۹۴	۱/۸	۷۵/۴۶	۱۷۹۲/۴۴	۲۳/۷۵	۲۴/۵۴	۱۸۱۳/۳۷	۷۳/۸۹
۱/۸-۱/۹	۷/۲۱	۵۹/۷	۴۳۰/۴۳	۱/۹	۸۲/۶۷	۲۲۲۲/۸۸	۲۶/۸۸	۱۷/۳۳	۱۳۸۲/۹۳	۷۹/۸
غرق ۱/۹	۱۷/۳۳	۷۹/۸	۱۳۸۲/۹۳		۱۰۰	۳۶۰۵/۸۱	۳۶/۰۵	۰	۰	۰
جمع	۱۰۰	۳۶/۰۵								



(۱) الف- منحنی برای تعیین اندیس قابلیت شستشو پذیری و ب- تعیین درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۴/۷-۱ میلی متر

اندیس قابلیت شستشو پذیری برای نمونه K_1 در محدوده ۴/۷ -۱ میلی متر بر اساس شکل ۱ و معادله ۱ تعیین شد:

(۱) مساحتی از ناحیه AOBA / مساحتی از ناحیه ACBA =WI

$$WI=\frac{1664.38}{5000}*100=33.28$$

مطالعه نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۴/۷-۱ میلی متر نشان داد که درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری ۳۴/۳۶ است. عدد قابلیت شستشو پذیری برای نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۴/۷- ۱+ میلی متر برابر است با:

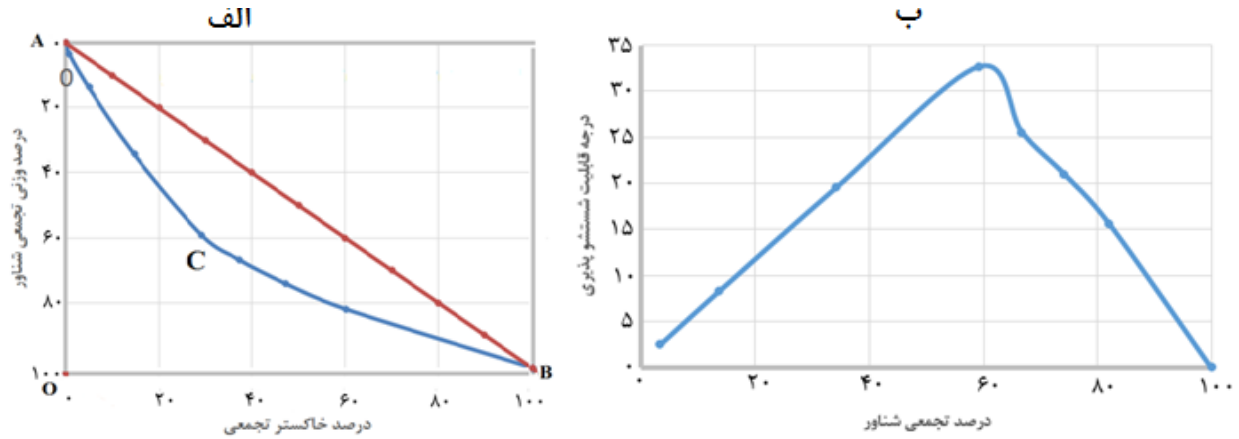
(۲) $$\text{عدد قابلیت شستشو پذیری}=\frac{35}{20.5}*10=17$$

با توجه به اینکه زغال های فوق العاده دشوار دارای عدد قابلیت شستشو پذیری زیر ۱۰ هستند. لذا نمونه K_1 در محدوده دانه‌بندی ۴/۷- ۱+ میلی‌متر در طبقه‌بندی متوسط قرار می‌گیرند.

- نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۱۲/۵-۴/۷ میلی متر (جدول ۳ و شکل۲)

(۳) نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر روی نمونه K_1 با محدوده دانه بندی ۱۲/۵-۴/۷ + میلی متر

بخش های جرم مخصوص	وزن (٪)	خاکستر (٪)	توزیع خاکستر	وزن مخصوص (g/cm3)	محصول شناور تجمعی			محصول غرق شده تجمعی		
					وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)	وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)
-۱/۳	۳/۲۵	۸/۵	۲۷/۶۲	۱/۳	۳/۲۵	۲۷/۶۲	۸/۵	۹۶/۷۵	۳۶۲۹/۱۳	۳۷/۵
۱/۳-۱/۴	۱۰/۳۶	۱۴/۷	۱۵۲/۲۹	۱/۴	۱۳/۶۱	۱۷۹/۹۱	۱۳/۲۱	۸۶/۳۹	۳۴۷۶/۸۴	۴۰/۲
۱/۴-۱/۵	۲۰/۶	۱۷/۲۵	۳۵۵/۳۵	۱/۵	۳۴/۲۱	۵۳۵/۲۶	۱۵/۶۴	۶۵/۷۹	۳۱۲۱/۴۹	۴۷/۴
۱/۵-۱/۶	۲۵/۰۳	۲۱/۳	۵۳۳/۱۳	۱/۶	۵۹/۲۴	۱۰۶۸/۴۰	۱۸/۰۳	۴۰/۷۶	۲۵۸۸/۳۵	۶۳/۵
۱/۶-۱/۷	۷/۵	۳۹/۲	۲۹۴	۱/۷	۶۶/۷۴	۱۳۶۲/۴۰	۲۰/۴۱	۳۳/۲۶	۲۲۹۴/۳۵	۶۹
۱/۷-۱/۸	۷/۳۶	۴۹/۴	۳۶۳/۵۸	۱/۸	۷۴/۱	۱۷۲۵/۹۹	۲۳/۲۹	۲۵/۹	۱۹۳۰/۷۷	۷۴/۵
۱/۸-۱/۹	۷/۹	۶۰/۳	۴۷۶/۳۷	۱/۹	۸۲	۲۲۰۲/۳۶	۲۶/۸۵	۱۸	۱۴۵۴/۴	۸۰/۸
غرق ۹/۱	۱۸	۸۰/۸	۱۴۵۴/۴		۱۰۰	۳۶۵۶/۷۶	۳۶/۵۶	۰	۰	
جمع	۱۰۰	۳۶/۵۶								



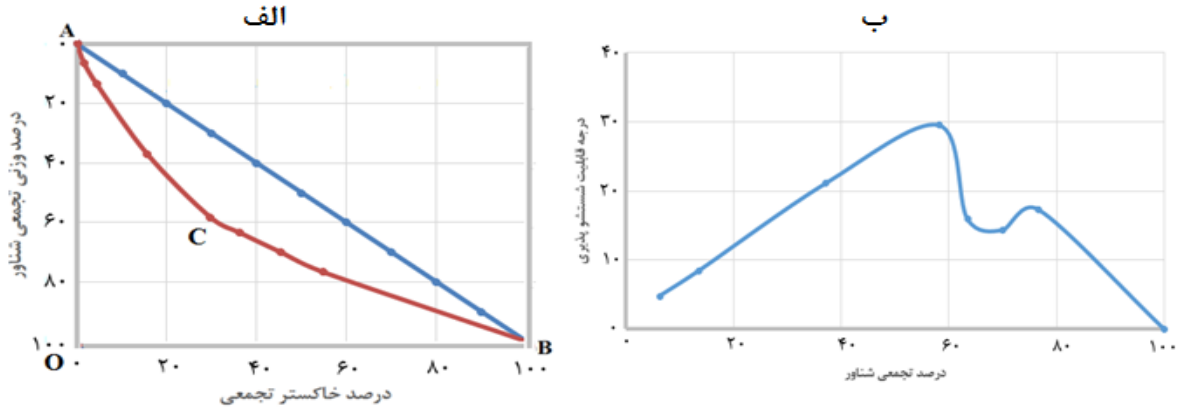
(۲) الف- منحنی برای تعیین اندیس قابلیت شستشو پذیری و ب- تعیین درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۱۲/۵-۴/۷ میلی متر

اندیس قابلیت شستشو پذیری و عدد قابلیت شستشو پذیری برای نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۱۲/۵-۴/۷ میلی متر به ترتیب ۳۵/۸۵ ، ۱۵/۳۲ حاصل شد. با توجه به عدد قابلیت شستشو پذیری این محدوده دانه بندی در طبقه بندی متوسط قرار دارد.

❖ نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر (جدول ۴ و شکل ۳)

(۴) نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر روی نمونه لایه K_1 با محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر

بخش های جرم مخصوص	وزن (٪)	خاکستر (٪)	توزیع خاکستر	جرم مخصوص (g/cm3)	محصول شناور تجمعی			محصول غرق شده تجمعی		
					وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)	وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)
-۱/۳	۶/۲۶	۹/۲	۵۷/۶۰	۱/۳	۶/۲۶	۵۷/۶۰	۹/۲	۹۳/۷۳	۳۷۸۸/۲۵	۴۰/۴۱
۱/۳-۱/۴	۷/۳۰۶	۱۵/۳	۱۱۱/۷۸	۱/۴	۱۳/۵۶	۱۶۹/۳۸	۱۲/۴۸	۸۶/۴۳	۳۶۷۶/۴۶	۴۲/۵۳
۱/۴-۱/۵	۲۳/۵۳	۱۸/۴	۴۳۳/۰۱	۱/۵	۳۷/۱۰	۶۰۲/۳۹	۱۶/۲۳	۶۲/۸۹	۳۲۴۳/۴۵	۵۱/۵۶
۱/۵-۱/۶	۲۱/۰۵	۲۵/۴	۵۳۴/۷۵	۱/۶	۵۸/۱۵	۱۱۳۷/۱۵	۱۹/۵۵	۴۱/۸۴	۲۷۰۸/۷۰	۶۴/۷۲
۱/۶-۱/۷	۵/۳۲	۴۸/۵	۲۵۸/۳۴	۱/۷	۶۳/۴۸	۱۳۹۵/۴۹	۲۱/۹۸	۳۶/۵۱	۲۴۵۰/۳۵	۶۷/۰۹
۱/۷-۱/۸	۶/۵۳	۵۳/۴	۳۴۹/۰۵	۱/۸	۷۰/۰۱	۱۷۴۴/۵۵	۲۴/۹۱	۲۹/۹۸	۲۱۰۱/۲۹	۷۰/۰۸
۱/۸-۱/۹	۶/۶۷	۵۴/۳	۳۶۲/۲۵	۱/۹	۷۶/۶۸	۲۱۰۶/۸۰	۲۷/۴۷	۲۳/۳۱	۱۷۳۹/۰۴	۷۴/۶
غرق ۱/۹	۲۳/۳۱	۷۴/۶	۱۷۳۹/۰۴		۱۰۰	۳۸۴۵/۸۵	۳۸/۴۵	۵E-۰۶	۰	
جمع	۱۰۰	۳۸/۴۵								



(۳) الف- منحنی برای تعیین اندیس قابلیت شستشو پذیری و ب- تعیین درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر

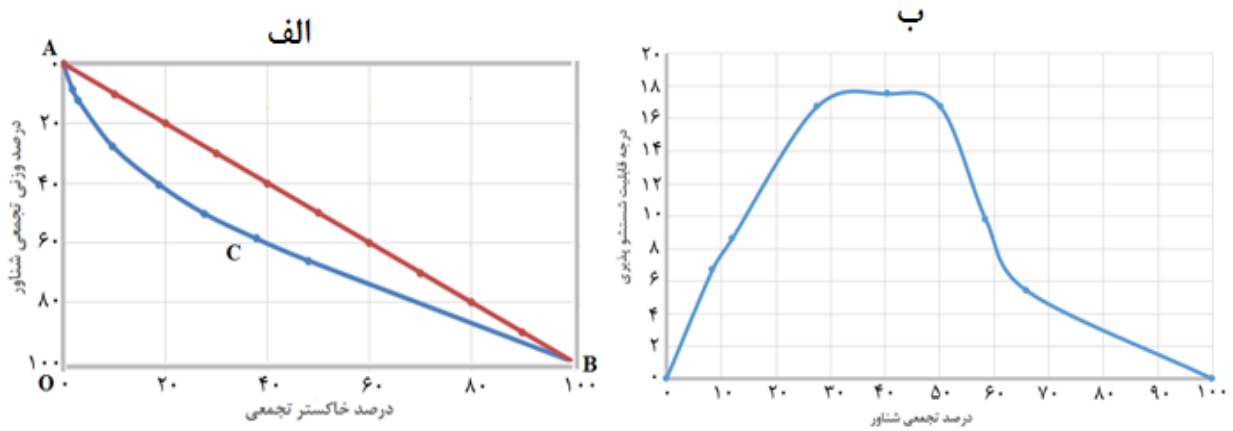
اندیس قابلیت شستشو پذیری، درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری و عدد قابلیت شستشو پذیری برای نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر به ترتیب ۳۳/۶۲، ۲۹/۵۰ و ۱۱/۶۱ حاصل شد. با توجه به عدد قابلیت شستشو پذیری این محدوده دانه بندی در طبقه بندی متوسط قرار دارد.

- نمونه **K_2**

❖ نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۴/۷-۱میلی متر (جدول ۵ و شکل۴)

(۵) نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر روی نمونه K_2 با محدوده دانه بندی ۴/۷-۱ میلیمتر

بخش های جرم مخصوص	وزن (٪)	خاکستر (٪)	توزیع خاکستر	جرم مخصوص (g/cm3)	محصول شناور تجمعی			محصول غرق شده تجمعی		
					وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)	وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)
-۱/۳	۸/۴۴۱	۱۱/۲	۹۴/۵۳	۱/۳	۸/۴۴	۹۴/۵۳	۱۱/۲	۹۱/۵۵	۵۳۰۳/۹۸	۵۷/۹۲
۱/۳-۱/۴	۳/۵۵	۱۶/۵	۵۸/۶۴	۱/۴	۱۱/۹۹	۱۵۳/۱۸	۱۲/۷۷	۸۸/۰۰	۵۲۴۵/۳۴	۵۹/۶۰
۱/۴-۱/۵	۱۵/۶۱	۲۳/۵	۳۶۶/۹۱	۱/۵	۲۷/۶۰	۵۲۰/۰۹	۱۸/۸۳	۷۲/۳۹	۴۸۷۸/۴۲	۶۷/۳۸
۱/۵-۱/۶	۱۲/۸۱	۳۸/۲	۴۸۹/۶۳	۱/۶	۴۰/۴۲	۱۰۰۹/۷۳	۲۴/۹۷	۵۹/۵۷	۴۳۸۸/۷۹	۷۳/۶۷
۱/۶-۱/۷	۹/۸۳	۴۹/۲	۴۸۴/۰۱	۱/۷	۵۰/۲۶	۱۴۹۳/۷۴	۲۹/۷۱	۴۹/۷۳	۳۹۰۴/۷۷	۷۸/۵۱
۱/۷-۱/۸	۸/۲۷	۶۵/۴	۵۴۱/۱۶	۱/۸	۵۸/۵۳	۲۰۳۴/۹۱	۳۴/۷۶	۴۱/۴۶	۳۳۶۳/۶۱	۸۱/۱۲
۱/۸-۱/۹	۷/۵۴	۷۴/۵	۵۶۱/۸۷	۱/۹	۶۶/۰۸	۲۵۹۶/۷۸	۳۹/۲۹	۳۳/۹۱	۲۸۰۱/۷۳	۸۲/۵۹
غرق ۱/۹	۳۳/۹۱	۸۲/۶	۲۸۰۱/۷۳		۱۰۰	۵۳۹۸/۵۲	۵۳/۹۸	۰	۰	
جمع	۱۰۰	۵۳/۹۸	۰							



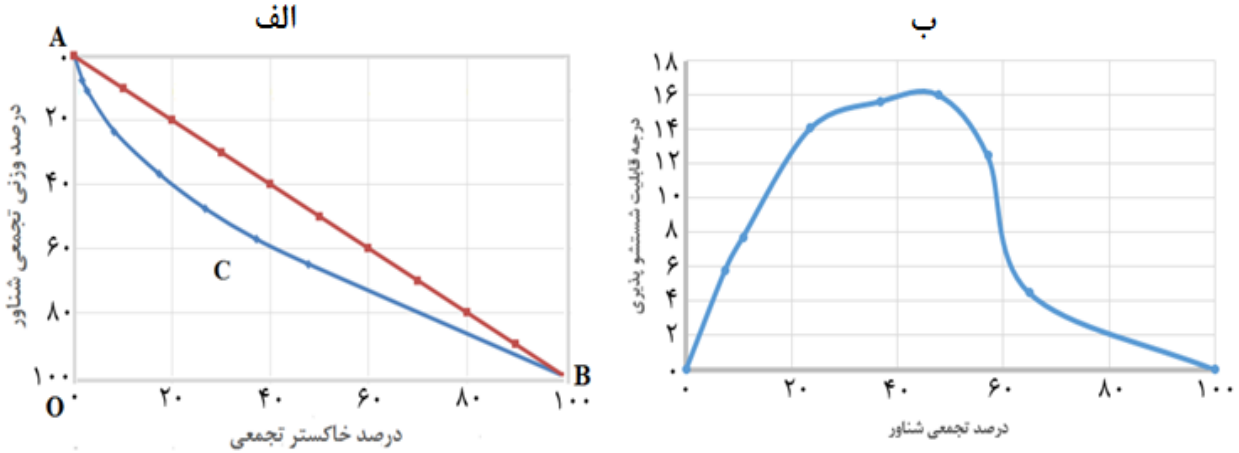
(۴) الف- منحنی برای تعیین اندیس قابلیت شستشو پذیری و ب- تعیین درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری نمونه K_1 در محدوده دانه بندی ۴/۷-۱ میلی متر

اندیس قابلیت شستشو پذیری، درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری و عدد قابلیت شستشو پذیری برای نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۴/۷-۱ میلی متر به ترتیب ۲۷/۴۳، ۱۷/۵۱ و ۴/۵۸ حاصل شد. با توجه به عدد قابلیت شستشو پذیری، این نمونه در این محدوده دانه بندی در طبقه بندی فوق العاده دشوار برای شستشو پذیری قرار دارد.

- نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۱۲/۵-۴/۷ میلی متر (جدول ۶ و شکل ۵)

(۶) نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر روی نمونه K_2 با محدوده دانه بندی ۱۲/۵-۴/۷ میلی متر

بخش های جرم مخصوص	وزن (٪)	خاکستر (٪)	توزیع خاکستر	جرم مخصوص (g/cm3)	محصول شناور تجمعی			محصول غرق شده تجمعی		
					وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)	وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)
-۱/۳	۷/۳۵	۱۲/۵	۹۱/۹۷	۱/۳	۷/۳۵	۹۱/۹۷	۱۲/۵	۹۲/۶۴	۵۷۱۱/۵۹	۶۱/۶۵
۱/۳-۱/۴	۳/۳۵	۱۷/۳۴	۵۸/۱۶	۱/۴	۱۰/۷۱	۱۵۰/۱۳	۱۴/۰۱	۸۹/۲۸	۵۶۵۳/۴۲	۶۳/۳۱
۱/۴-۱/۵	۱۲/۷۸	۲۵/۴	۳۲۴/۶۱	۱/۵	۲۳/۴۹	۴۷۴/۷۴	۲۰/۲۰	۷۶/۵۰	۵۳۲۸/۸۱	۶۹/۶۵
۱/۵-۱/۶	۱۳/۲۱	۳۹/۹۸	۵۲۸/۴۴	۱/۶	۳۶/۷۰	۱۰۰۳/۱۸	۲۷/۳۲	۶۳/۲۹	۴۸۰۰/۳۷	۷۵/۸۴
۱/۶-۱/۷	۱۰/۹۳	۵۰/۳۱	۵۵۰/۲۷	۱/۷	۴۷/۶۴	۱۵۵۳/۴۶	۳۲/۶۰	۵۲/۳۵	۴۲۵۰/۱	۸۱/۱۸
۱/۷-۱/۸	۹/۴۰	۶۳/۴	۵۹۶/۴۶	۱/۸	۵۷/۰۵	۲۱۴۹/۹۳	۳۷/۶۸	۴۲/۹۴	۳۶۵۳/۶۳	۸۵/۰۷
۱/۸-۱/۹	۷/۸۸	۷۹/۲	۶۲۴/۶۵	۱/۹	۶۴/۹۴	۲۷۷۴/۵۸	۴۲/۷۲	۳۵/۰۵	۳۰۲۸/۹۸	۸۶/۳۹
غرق ۱/۹	۳۵/۰۵	۸۶/۴	۳۰۲۸/۹۸		۱۰۰	۵۸۰۳/۵۶	۵۸/۰۳	۰	۰	
جمع	۱۰۰	۵۸/۰۳	۰							



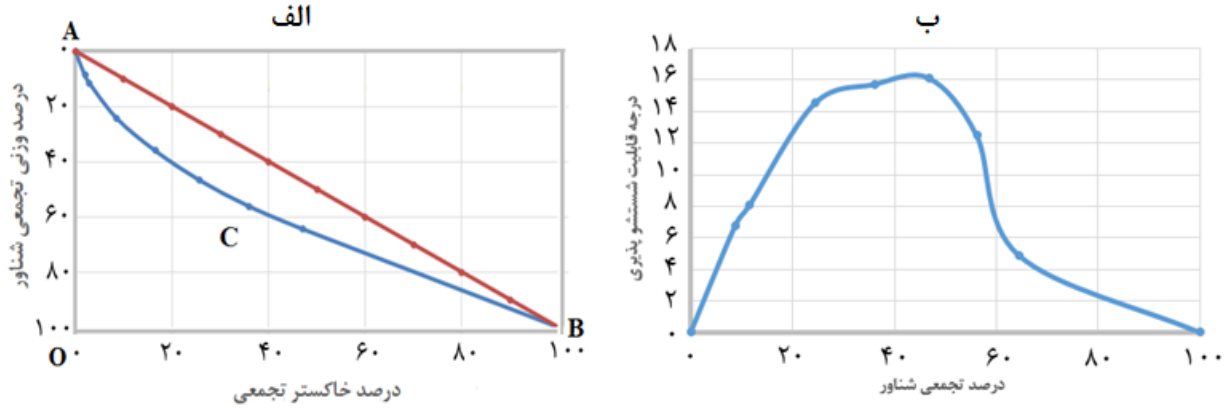
(۵) الف- منحنی برای تعیین اندیس قابلیت شستشو پذیری و ب- تعیین درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۷/۵-۴/۱۲ میلی متر

اندیس قابلیت شستشو پذیری، درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری و عدد قابلیت شستشو پذیری برای نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۱۲/۵-۴/۷ میلی متر به ترتیب ۲۵/۶۶، ۱۶/۰۴ و ۳/۱۸ حاصل شد. با توجه به عدد قابلیت شستشو پذیری، این نمونه در این محدوده دانه بندی در طبقه بندی فوق العاده دشوار برای شستشو پذیری قرار دارد.

- نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر (جدول ۷ و شکل ۶)

(۷) نتایج آزمایش غرق و شناورسازی بر روی نمونه K_2 با محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر

بخش های جرم مخصوص	وزن (٪)	خاکستر (٪)	توزیع خاکستر	جرم مخصوص (g/cm3)	محصول شناور تجمعی			محصول غرق شده تجمعی		
					وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)	وزن (٪)	توزیع خاکستر	خاکستر (٪)
-۱/۳	۸/۷۴	۱۳/۵	۱۱۷/۹۹	۱/۳	۸/۷۴	۱۱۷/۹۹	۱۳/۵	۹۱/۲۶	۵۸۲۸/۷۴	۶۳/۸۶
۱/۳-۱/۴	۲/۸۶	۱۹/۳۴	۵۵/۳۱	۱/۴	۱۱/۶	۱۷۳/۳۰	۱۴/۹۳	۸۸/۴	۵۷۷۳/۴۲	۶۵/۳۱
۱/۴-۱/۵	۱۲/۷۵	۲۶/۳۶	۳۳۶/۰۹	۱/۵	۲۴/۳۵	۵۰۹/۳۹	۲۰/۹۱	۷۵/۶۵	۵۴۳۷/۳۳	۷۱/۸۷
۱/۵-۱/۶	۱۱/۶۵	۴۰/۴۶	۴۷۱/۳۵	۱/۶	۳۶	۹۸۰/۷۵	۲۷/۲۴	۶۴	۴۹۶۵/۹۸	۷۷/۵۹
۱/۶-۱/۷	۱۰/۷۶	۵۰/۸	۵۴۶/۶۰	۱/۷	۴۶/۷۶	۱۵۲۷/۳۵	۳۲/۶۶	۵۳/۲۴	۴۴۱۹/۳۷	۸۳/۰۰
۱/۷-۱/۸	۹/۴	۶۴/۵	۶۰۶/۳	۱/۸	۵۶/۱۶	۲۱۳۳/۶۵	۳۷/۹۹	۴۳/۸۴	۳۸۱۳/۰۷	۸۶/۹۷
۱/۸-۱/۹	۸/۳	۸۰/۳۷	۶۶۷/۰۷	۱/۹	۶۴/۴۶	۲۸۰۰/۷۳	۴۳/۴۴	۳۵/۵۴	۳۱۴۶/۰۰	۸۸/۵۱
غرق ۱/۹	۳۵/۵۴	۸۸/۵۲	۳۱۴۶/۰۰		۱۰۰	۵۹۴۶/۷۳	۵۹/۴۶	۰	۰	
جمع	۱۰۰	۵۹/۴۶	۰							



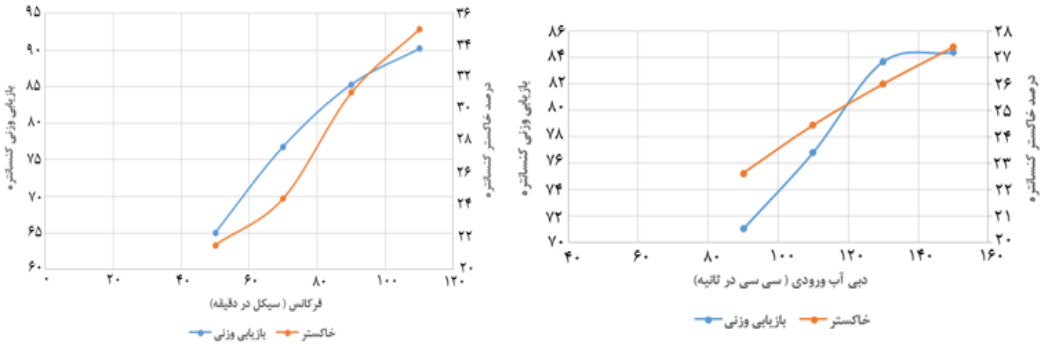
(۶) الف- منحنی برای تعیین اندیس قابلیت شستشو پذیری و ب- تعیین درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر

اندیس قابلیت شستشو پذیری، درجه بهینه قابلیت شستشو پذیری و عدد قابلیت شستشو پذیری برای نمونه K_2 در محدوده دانه بندی ۵۰-۱۲/۵ میلی متر به ترتیب ۲۵/۸۱، ۱۶/۱۴ و ۳/۱۷ حاصل شد. با توجه به عدد قابلیت شستشو پذیری این محدوده دانه بندی در طبقه بندی فوق العاده دشوار برای شستشو پذیری قرار دارد.

➢ مطالعه قابلیت شستشو پذیری زغال حرارتی لایه K_1 و K_2 در محدوده دانه بندی بین ۱۲ -۱ میلی متر به روش جیگ

درصد خاکستر خوراک ورودی برای نمونه K_1 و K_2 به ترتیب ۳۶/۳ و ۵۶/۳ درصد بود. با توجه به مطالعات انجام شده و محدودیت دستگاه های آزمایشگاهی موجود، محدوده ابعادی مناسب برای جیگ ۱ تا ۱۲ میلیمتر انتخاب شد.

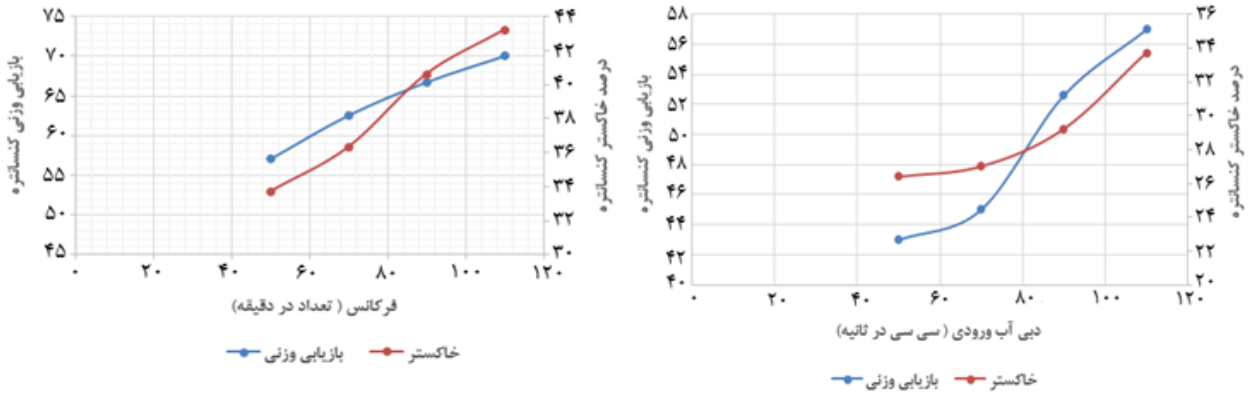
- تاثیر پارامتر های عملیاتی بر قابلیت شستشوپذیری نمونه لایه K_1 به روش جیگ (شکل ۷)



(۷) تاثیر فرکانس و دبی آب ورودی بر قابلیت شستشوپذیری نمونه K_1

مطالعات نشان داد که با استفاده از دستگاه جیگ تحت شرایط، فرکانس ۷۰ سیکل در دقیقه، دبی آب ورودی ۹۰ سی سی در ثانیه، کنسانتره با درصد خاکستر ۲۲/۵ درصد با بازیابی وزنی ۷۱ درصد در محدوده دانه بندی ۱ تا ۱۲ میلیمتر حاصل می شود.

- تاثیر پارامتر های عملیاتی بر قابلیت شستشوپذیری نمونه لایه K_2 به روش جیگ (شکل ۸)



(۸) تاثیر فرکانس و دبی آب ورودی بر قابلیت شستشوپذیری نمونه K_2

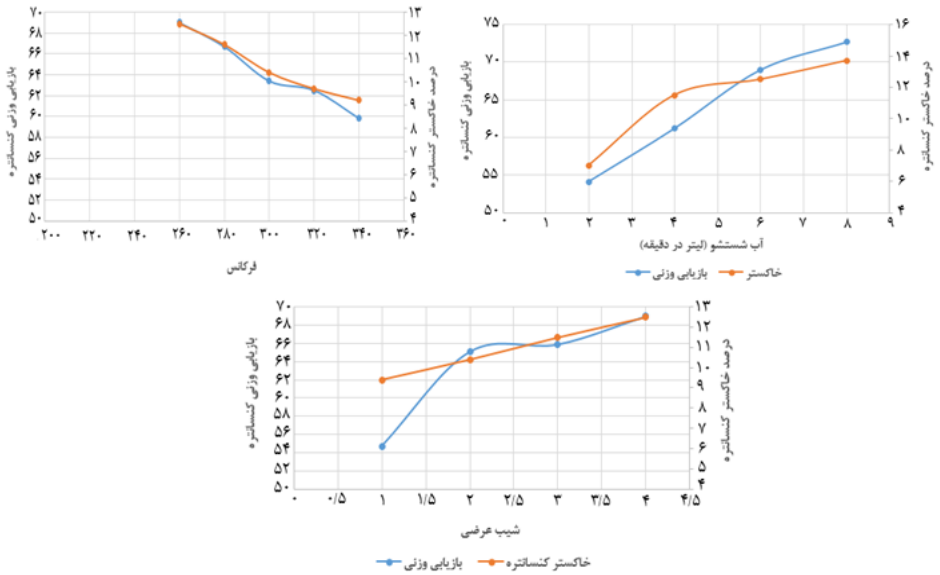
نتایج نشان داد که تحت شرایط بهینه فرکانس ۵۰، دبی آب ورودی ۵۰ سی سی در ثانیه آزمایش جیگ برای نمونه K_2 در محدوده دانه بندی بین ۱۲- ۱ میلی متر، کنسانتره با درصد خاکستر ۲۶/۴ درصد و بازیابی وزنی ۴۳ درصد حاصل می شود.

- **مطالعه قابلیت شستشو پذیری زغال حرارتی لایه K_1 و K_2 در محدوده دانه بندی بین ۱-۰/۳ میلی متر به روش میز لرزان و اسپیرال**

درصد خاکستر خوراک ورودی برای K_1 و K_2 به ترتیب ۳۱/۱ و ۵۳/۴ درصد بود. مقدار دامنه و دانه بندی خوراک ورودی در تمامی آزمایش ها ثابت و به ترتیب برابر با ۲۲ میلیمتر و ۱تا ۰/۳ میلیمتر بود.

- **میز**

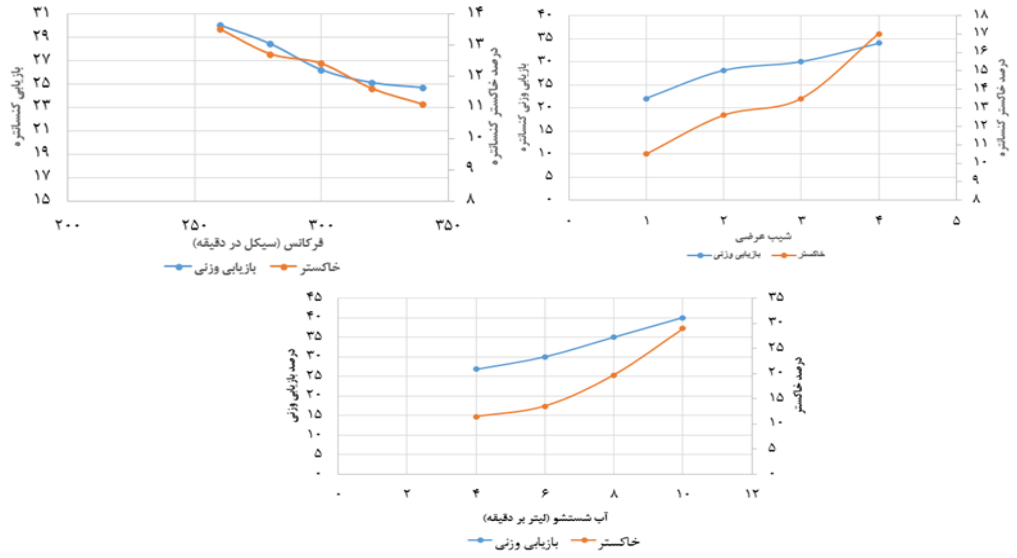
- تاثیر پارامتر های عملیاتی بر قابلیت شستشوپذیری زغال حرارتی لایه K_1 به روش میز لرزان (شکل ۹)



(۹) تاثیر فرکانس، آب شستشو و شیب عرضی بر قابلیت شستشوپذیری نمونه K_1

با توجه به نمودارهای اشاره شده و میزان خاکستر قابل قبول در کنسانتره، شرایط بهینه برای نمونه K_1 با دستگاه میزلرزان، فرکانس ۲۶۰ سیکل بر دقیقه، شیب عرضی ۴ درجه و آب شستشو ۶ لیتر در دقیقه با درصد خاکستر کنسانتره ۱۲/۵ درصد و درصد بازیابی وزنی تقریبا ۶۹ درصد است.

- تاثیر پارامتر های عملیاتی بر قابلیت شستشوپذیری زغال حرارتی لایه K_2 به روش میز لرزان (شکل۱۰)



(۱۰) تاثیر فرکانس، آب شستشو و شیب عرضی بر قابلیت شستشوپذیری نمونه K_2

با توجه به نمودارهای اشاره شده و میزان خاکستر قابل قبول در کنسانتره، شرایط بهینه برای نمونه K_2 با دستگاه میز لرزان، فرکانس ۲۶۰ سیکل بر دقیقه، شیب عرضی ۳ و آب شستشو ۴ لیتر در دقیقه برای کنسانتر با درصد خاکستر ۱۱/۴ درصد و بازیابی وزنی ۲۷ درصد است.

- **اسپیرال**

نتایج آزمایش اسپیرال مربوط به کنسانتره نهایی و باطله نهایی به دست آمده برای نمونه های K_1 و K_2 در جدول ۸ ارائه شده است.

(۸) نتایج آزمایش اسپیرال برای کنسانتره و باطله ترکیبی (میانی و کنسانتره اولیه)

نمونه	خاکستر کنسانتره ترکیبی	خاکستر باطله ترکیبی	بازیابی وزنی نسبی کنسانتره ترکیبی	بازیابی وزنی کلی کنسانتره ترکیبی
K_1	۲۱/۱۲	۶۱/۴۵	۷۶/۶۵	۹/۳۵
K_2	۲۳/۵۳	۷۰/۲	۴۴/۶۸	۵/۲

➢ **مطالعه قابلیت شستشو پذیری زغال حرارتی لایه K_1 و K_2 در محدوده دانه بندی ۳۰۰- ۰ میکرون**

تحت شرایط بهینه نوع کلکتور نفت، مقدار کلکتور g/t ۲۵۰۰، دور رتور rpm ۱۰۵۰، مقدار کف ساز g/t ۲۰۰ کنسانتره با درصد خاکستر ۱۸/۵ درصد و بازیابی وزنی ۳۳ درصد از نمونه لایه K_1 و تحت شرایط بهینه نوع کلکتور نفت، مقدار کلکتور g/t ۳۰۰۰، دور رتور rpm ۱۰۵۰ و مقدار کف ساز g/t ۲۰۰، کنسانتره با مقدار خاکستر ۱۹ درصد و بازیابی وزنی ۲۳ درصد از نمونه زغال حرارتی لایه K_2 به روش فلوتاسیون حاصل می شود.

- نمونه **K_3**

➢ **مطالعه قابلیت شستشو پذیری زغال حرارتی لایه K_3**

مطالعه شناسایی و خواص سنجی نمونه K_3 نشان داد که این نمونه دارای نتایج درصد خاکستر، درجه آزادی، آنالیز های مینرالوژیکی و پتروگرافی مشابه نمونه K_2 است. بنابراین با توجه به اینکه هر دو این نمونه ها از بلوک ۱ ناحیه کوچکعلی منطقه طبس برداشت شده است لذا از انجام تست های نمونه K_3 خودداری شد و نتایج مطالعه قابلیت شستشوپذیری زغال حرارتی لایه K_3 مشابه و منوط به نتایج نمونه K_2 ارائه می شود.

➢ **مطالعه آزمایش ته نشینی بر هر دو نمونه زغال لایه K_1 و K_2 بلوک ۱ کوچکعلی شمالی از طبس**

برای ته نشینی هر دو نمونه فلوکولانت کاتیونی پلی آکریل آمید پاسخ مناسبی داد. مطالعه وزن مخصوص نشان داد که نمونه K_1 دارای وزن مخصوص برابر با ۲/۵ گرم بر سانتی مکعب است و نمونه K_2 دارای وزن مخصوص بالاتر و برابر با ۲/۶۵ گرم بر سانتی متر مکعب است و همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مقدار فلوکولانت سرعت ته‌نشینی هر دو نمونه افزایش می‌یابد. بنابراین مقدار فلوکولانت کاتیونی مطلوب برابر با g/t ۲۰۰ تعیین شد.

- **شرایط بهینه و فلوشیت پیشنهادی (جدول ۹ و ۱۰)**

(۹) نتایج شرایط بهینه نمونه K_1

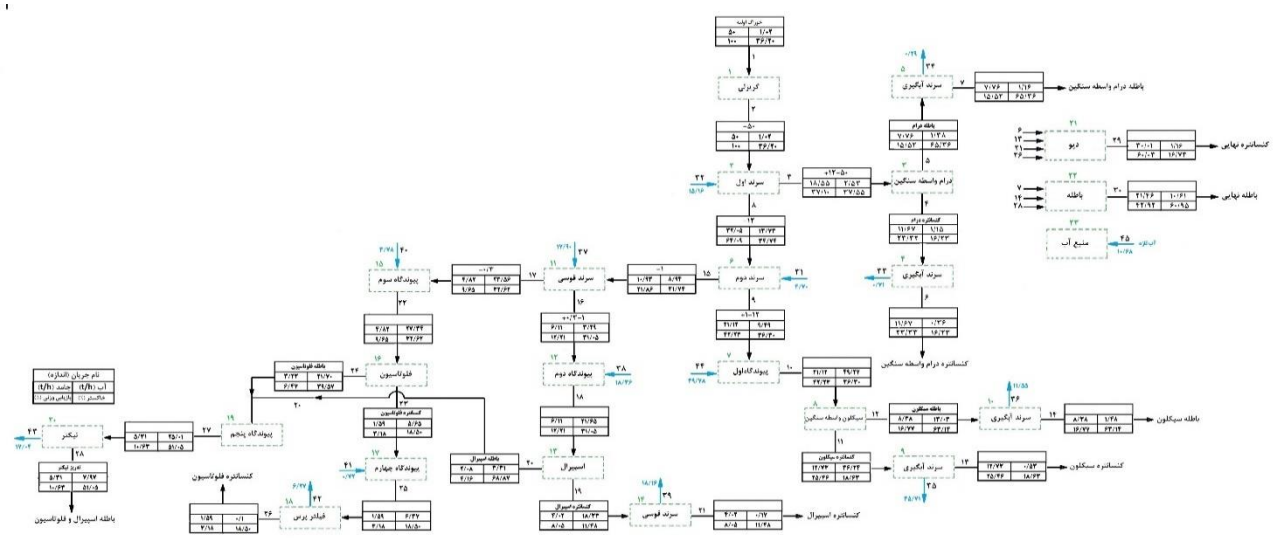
جیگ (خوراک اولیه)		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۱۲-۱+ میلی متر	۲۱/۸	۶۸/۴، ۲۸/۸۸
میز (خوراک اولیه)		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۱ تا ۰/۳ میلی متر	۱۳	۷۰، ۸/۵۴
اسپیرال		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۱ تا ۰/۳ میلی متر	۲۱/۱۲	۷۶/۶۵، ۹/۳۵
فلوتاسیون (خوراک اولیه)		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۰/۳- میلی متر	۱۸/۵	۳۳، ۳/۱۸
مطالعه باطله جیگ توسط میز		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی
۱ تا ۰/۳ میلیمتر	۲۳/۶	۲۲/۶

(۱۰) نتایج شرایط بهینه نمونه K_2

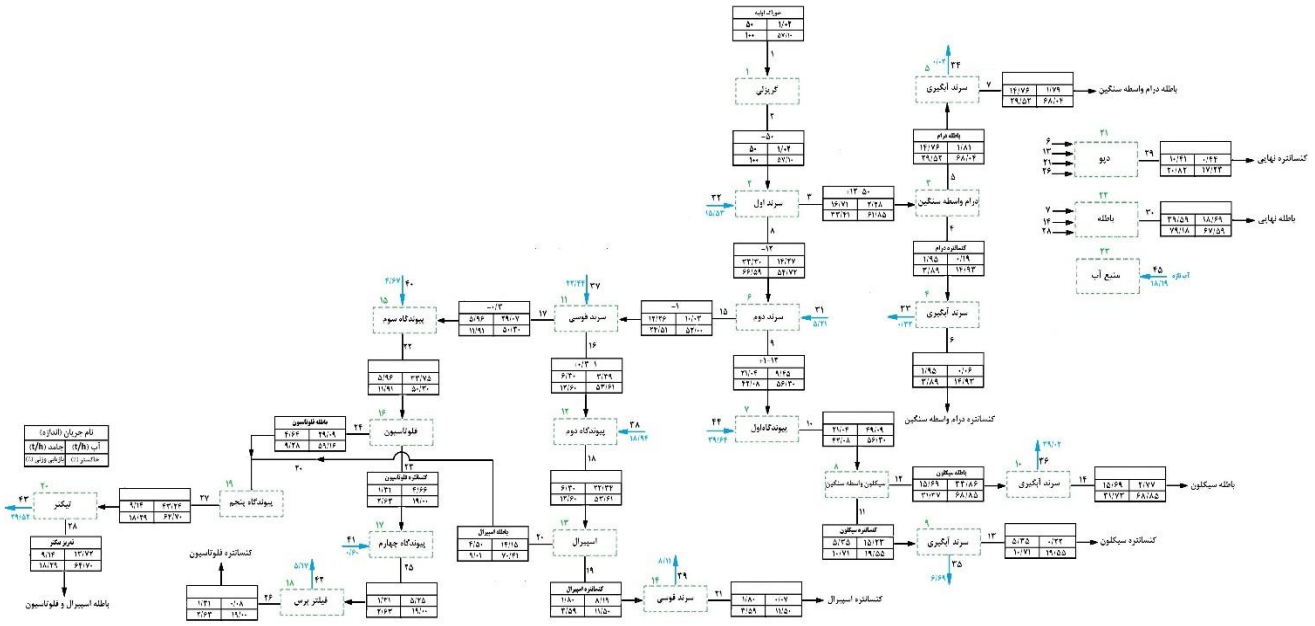
جیگ (خوراک اولیه)		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۱۲-۱+ میلی متر	۲۶/۹	۴۲، ۱۷/۶۷
میز (خوراک اولیه)		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۱ تا ۰/۳ میلیمتر	۱۱/۵	۲۸/۵، ۳/۵۹
اسپیرال		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۱ تا ۰/۳ میلیمتر	۲۳/۵۳	۴۴/۶۸، ۵/۲

فلوتاسیون (خوراک اولیه)		
محدوده دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی نسبی و کلی
۰/۳- میلیمتر	۱۹	۲/۶۲ ،۲۲
مطالعه باطله جیگ توسط میز		
دانه بندی	درصد خاکستر کنسانتره	بازیابی وزنی
۱ تا ۰/۳ میلیمتر	۲۷	۱۴/۷

- **نمونه بلاک دیاگرام ارائه شده برای نمونه های K_1 و K_2 (شکل ۱۱ و ۱۲)**



(۱۱) بلاک دیاگرام نمونه K_1



(۱۲) بلاک دیاگرام نمونه K_2

➢ ارزیابی فنی و اقتصادی

• شاخص های مالی برای نمونه K_1 (جدول ۱۱)

(۱۱) شاخص های مالی برای نمونه K_1 برای تولید درصد خاکستر های مختلف

شرح	واحد	تولید کنسانتره با ۱۶/۷۳ ٪ خاکستر	تولید کنسانتره با ۱۸/۹۴ ٪ خاکستر	تولید کنسانتره با ۲۱/۰۴ ٪ خاکستر	تولید کنسانتره با ۲۵/۰۷ ٪ خاکستر
هزینه سرمایه گذاری کل	میلیارد ریال	۱۴۸۸,۳۳	۱۴۸۷,۹۳	۱۴۸۴,۶۵	۱۴۸۷,۱۱
فروش کل	میلیارد ریال	۴۱۰۶,۰۵	۴۰۶۸,۴۳	۳۴۴۵,۲۰	۳۹۱۲,۳۰
کل هزینه عملیاتی سالیانه	میلیارد ریال	۱۹۹۷,۳۲	۱۹۹۶,۵۲	۱۹۸۳,۴۱	۱۹۹۳,۲۴
درآمد(ناخالص)	میلیارد ریال	۲۱۰۸,۷۴	۲۰۷۱,۹۱	۱۴۶۱,۷۹	۱۹۱۹,۰۶
استهلاک	میلیارد ریال	۱۱۲,۷۶	۱۱۲,۷۶	۱۱۲,۷۶	۱۱۲,۷۶
سود(زیان)ویژه سالیانه	میلیارد ریال	۱۴۹۶,۹۸	۱۴۶۹,۳۶	۱۰۱۱,۷۷	۱۳۵۴,۷۲
قیمت تمام شده هر تن	ریال	۹۲۴۲۲۱۳,۶۶	۹,۳۲۳,۹۷۸	۸,۶۳۵,۵۳۹	۷,۶۴۲,۲۰۳
هزینه هر تن (بدون استهلاک)	ریال	۸۷۲۰۴۲۶,۶۳	۸,۷۹۷,۳۶۶	۸,۱۴۴,۵۸۵	۷,۲۰۹,۸۶۵
قیمت واحد	ریال	۱۹۰۰۰,۰۰	۱۹,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۱۵,۰۰۰
NPV	میلیارد ریال	۵۲۶۰,۶۷	۵۱۴۵,۰۷	۳۲۲۹,۹۲	۴۶۶۵,۲۹
نرخ تنزیل	درصد	۲۰,۰۰	۲۰,۰۰	۲۰,۰۰	۲۰,۰۰
IRR	درصد	٪۱۰۸	٪۱۰۶,۲۵	٪۷۵,۴۷	٪۹۸,۵۸
دوره بازگشت سرمایه	سال	۰,۹۲	۰,۹۴	۱,۳۲	۱,۰۱

• شاخص های مالی برای نمونه K_2 (جدول ۱۲)

(۱۲) شاخص های مالی برای نمونه K_2 برای تولید درصد خاکستر های مختلف

شرح	واحد	تولید کنسانتره با ۱۷/۲۳ ٪ خاکستر	تولید کنسانتره با ۱۸/۷۸ ٪ خاکستر	تولید کنسانتره با ۲۰/۷۳ ٪ خاکستر	تولید کنسانتره با ۲۵/۶۲ ٪ خاکستر
هزینه سرمایه گذاری کل	میلیارد ریال	۱۴۲۱,۹۸	۱۴۲۳,۵۱	۱۴۲۲,۱۹	۱۴۲۴,۸۵
فروش کل	میلیارد ریال	۱۴۲۴,۰۹	۱۷۱۴,۱۰	۱۴۶۳,۴۰	۱۹۶۸,۸۴
کل هزینه عملیاتی سالیانه	میلیارد ریال	۱۳۷۲,۷۵	۱۳۷۸,۸۵	۱۳۷۳,۵۸	۱۳۸۴,۲۱
درآمد(ناخالص)	میلیارد ریال	۵۱,۳۴	۳۳۵,۲۵	۸۹,۸۲	۵۸۴,۶۳
استهلاک	میلیارد ریال	۱۱۲,۷۶	۱۱۲,۷۶	۱۱۲,۷۶	۱۱۲,۷۶
سود(زیان)ویژه سالیانه	میلیارد ریال	-۴۶,۰۷	۱۶۶,۸۷	-۱۷,۲۰	۳۵۳,۹۰
قیمت تمام شده هر تن	ریال	۱۸,۳۱۵,۰۳۴	۱۵,۲۸۳,۸۸۵	۱۴,۰۷۹,۲۹۱	۱۰,۵۴۵,۸۸۸
هزینه هر تن (بدون استهلاک)	ریال	۱۶,۸۱۰,۵۷۳	۱۴,۰۳۳,۹۶۹	۱۲,۹۲۳,۴۶۵	۹,۶۸۶,۷۸۶
قیمت واحد	ریال	۱۹,۰۰۰	۱۹,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۱۵,۰۰۰
NPV	میلیارد ریال	-۱۱۴۲,۳۷	-۲۵۱,۱۷	-۱۰۲۱,۵۶	۵۳۱,۶۲
نرخ تنزیل	درصد	۲۰,۰۰	۲۰,۰۰	۲۰,۰۰	۲۰,۰۰
IRR	درصد	٪-۱۱,۸۳	٪-۱۴,۶۳	٪-۶,۶۵	٪۳۰,۴۶
دوره بازگشت سرمایه	سال	۲۱,۳۲	۵,۰۹	۱۴,۸۸	۳,۰۵

با توجه به این که قابلیت شستشوپذیری زغال حرارتی لایه K_3 مشابه نتایج نمونه K_2 است، مطالعات بررسی فنی اقتصادی نمونه K_3 مشابه و منوط به نمونه K_2 است و نتایج نشان داد که فرآوری هر دو نمونه K_2 و K_3 تنها برای تولید کنسانتره با درصد خاکستر بالای ۲۵ درصد اقتصادی است. این گزارش و مطالعات فنی و اقتصادی به عنوان یک الگو برای تیپ های مختلف منطقه میتواند مورد مقایسه و استفاده قرار بگیرد.

در پایان، خاطر نشان می سازد، با توجه به اهمیت موضوع و در راستای پر بار تر شدن نتایج پژوهش، حتی فراتر از شرح خدمات قرار داد مجری و تیم پژوهش تلاش نمودند که این گزارش به عنوان یک رفرنس با ارزش در خصوص فرآوری زغال های حرارتی مناطق مختلف ایران به ویژه منطقه طبس در مطالعات آینده مورد بهره برداری قرار گیرد.