

تأثیر دما و فشار بر تولید کک نفتی از ته‌ماند پالایشگاهی

محمد ارغوانی فرد^۱، رامین کریمزاده^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، M.arghavanifard@modares.ac.ir

۲- استاد، مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، Ramin@modares.ac.ir

*نویسنده مخاطب

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸، دریافت آخرین اصلاحات: ۱۴۰۳/۰۷/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۲)

چکیده: کک ماده‌ای سیاه که عمدتاً از کربن تشکیل شده و از تجزیه حرارتی هیدروکربن‌های سنگین نفت خام و منابع قیری به دست می‌آید که طی آن ته‌مانده‌های سنگین نفتی و تار پیچ زغال سنگ به انواع گازها، مایعات و انواع کک از قبیل کک سوزنی، اسفنجی و دانه‌ای تبدیل می‌شود. هدف این پژوهش، یافتن دما و فشار بهینه برای تولید ککی با دانسیته بالا است که از لحاظ اقتصادی و کیفیت مطلوب باشد و از لحاظ محیط زیستی نیز مفید باشد. در این پژوهش از روش ناپیوسته در اتوکلاو^۱ استفاده شد و در انتها هم با کربنیزاسیون و کلسیناسیون، ککی با دانسیته و بازدهی بالا تولید شد. با توجه به تغییر دمای راکتور از محدوده °C (۷۰۰-۲۰۰) و فشار از صفر تا ۴ بار به دانسیته‌هایی در محدوده ۱/۳۶ gr/cm³ تا ۱/۹ دست یافته و به همین ترتیب میزان بازدهی نیز از ۲۱ درصد تا ۳۱ درصد متغیر بود که با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص شد که دمای بهینه‌ای که طی آن کک نفتی با دانسیته و بازدهی بالا بدست آمده در محدوده °C ۶۰۰ بوده و فشار بهینه نیز ۳-۴ بار است.

کلید واژگان: دانسیته، کربنیزاسیون، کک، کلسیناسیون

مقدمه

تأمین انرژی سازگار با محیط‌زیست یکی از بزرگترین نگرانی‌ها است. انرژی فسیلی همچنان نقش مهمی در تأمین انرژی موردنیاز ما برای مدت طولانی ایفا خواهد کرد. با این حال، در اثر سوزاندن ذغال‌سنگ به منظور تولید یک کیلووات بر ساعت^۲ برق، به‌طور متوسط ۱۰۰۰ گرم CO₂ وارد جو کره زمین می‌شود که منجر به افزایش گرمای زمین می‌شود. یکی از چالش‌ها و هزینه‌های اصلی تولید فولاد به روش کوره‌های قوس الکتریکی که صنایع فولاد ایران نیز با آن مواجه‌اند، مصرف الکتروود گرافیتی است. به گونه‌ای که به ازای تولید هر تن فولاد با این روش، به‌طور میانگین ۲ الی ۲/۵ کیلوگرم الکتروود گرافیتی مصرف می‌شود [۱، ۲]. سه روش برای تولید کک نفتی خام وجود دارد که شامل کک‌سازی فلکسی، تأخیری و سیال است. هدف کک‌سازی به روش فلکسی به حداکثر رساندن تولید هیدروکربن‌های مایع است. در این روش، گازهای حاصل از فرآیند با هوا ترکیب شده و بخارات و گازهای حاصل به‌عنوان سوخت استفاده می‌شود [۳]. کک‌سازی تأخیری رایج‌ترین تکنولوژی در صنعت پالایش برای استفاده از برش‌های سنگین نفتی است که هدف آن تبدیل ته‌ماند سنگین به محصولات سبک بوده و کک حاصل به‌عنوان سوخت استفاده می‌شود. کک تأخیری دارای ۱۵-۵ درصد رطوبت، ۸-۱۲ درصد مواد سبک و فرار است. این کک به شکل کلوخه‌ای، سیاه رنگ و متخلخل است. اندازه کلوخه‌های آن معمولاً قطری کمتر از ۱/۵ سانتی‌متر دارد [۴]. هدف کک‌سازی به روش سیال، تبدیل ته‌مانده‌های حاصل از برج اتمسفریک برج خلا به مایعات سبک، گاز و کک است. در کک‌سازی سیال، در حدود ۲۰ درصد کک در واحدهای

¹ Autoclave

² kW/h

مربوط به تولید برای تامین حرارت مورد نیاز فرآیند سوخته می‌شود. بنابراین کک کمتری نسبت به کک سازی تأخیری ساخته می‌شود. کک سیال از لحاظ فیزیکی کروی شکل است (در حدود ۱/۸ اینچ قطر دارد). به دلیل ساختمان خاص فیزیکی این ماده که شامل لایه‌های سخت از مواد کربنی است، عمل کلسینه کردن آن سخت‌تر از کک تأخیری است [۵]. یکی از مواد اولیه در صنعت آلومینیوم کک نفتی است که برای ساخت آند مورد استفاده در سلول‌های احیاء کاربرد دارد. در پالایشگاه‌ها برای بدست آوردن محصولات مایع سبک‌تر و با کیفیت بالاتر، اقدام به کاهش کربن مایعات سنگین می‌کنند که این کربن‌ها به کک تبدیل می‌شوند و کاربردهای صنعتی و سوختی دارند. کیفیت کک نفتی مورد استفاده در صنعت تأثیر زیادی در هزینه تمام شده تولید محصولات دارد و کیفیت کک نفتی مورد استفاده برای ساخت آند نیز از اهمیت بالایی برخوردار است [۶]. در این پژوهش سعی بر این شده است که در طی چندین آزمایش، دما و فشار افزایش و کاهش داده شود تا اهداف زیر محقق شوند:

- ۱- بدست آوردن دمای بهینه برای تولید ککی با دانسیته بالا و مطلوب از لحاظ اقتصادی و از لحاظ کمیت و کیفیت
 - ۲- بدست آوردن فشار بهینه برای تولید ککی با دانسیته بالا و مطلوب از لحاظ اقتصادی، کمیت و کیفیت
 - ۳- بدست آوردن میزان بازدهی مطلوب (تولید ککی با دانسیته بالا) در دما و فشار بهینه
- در جدول ۱، ترکیبات کک نفتی در سه کشور ایالات متحده آمریکا، آلمان و ایران ذکر شده است. به علاوه به محدوده استاندارد هر ترکیب هم اشاره شده است.

جدول ۱- ترکیب کک نفتی و ویژگی‌های استاندارد آن [۳]

Table 1-The composition of petroleum coke and its standard characteristics [3]

Concentration (wt%)	USA	Germany	Iran	Standard range
Carbon	88.6	88.2	87.3	80-95
Sulfur	1.02	0.46	2.07	0.2-6
Density	-	-	1.21	1.2-1.6
Ash	0.73	0.26	0.37	0.1-1

از مصارف الکتروود گرافیتی می‌توان به فولادسازی کوره قوس الکتریکی، الکتروود و برس‌های مختلف الکتریکی، کاربرد در نیمه‌هادی‌ها و در مواد آب‌بندی اشاره کرد. به‌علاوه، کک نه تنها به‌عنوان یک ماده رسانا، بلکه به‌عنوان یک ماده خازنی با سطح متخلخل توسعه یافته نیز استفاده می‌شود [۷].

مواد، تجهیزات مورد استفاده در آزمایش

قیر عمدتاً از مولکول‌های هیدروکربن تشکیل شده است و حاوی اتم‌های گوگرد، نیتروژن و اکسیژن است [۸]. قیر همچنین حاوی مقادیر کمی از فلزات مانند نیکل، وانادیم، آهن، کلسیم و منیزیم است که در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۲- مواد تشکیل‌دهنده قیر

Table 2- Ingredients of bitumen

ITEM	%
Carbon	82-88
Hydrogen	8-11
Oxygen	0-1.5
Sulfur	0-6
Nitrogen	0-1

برای تولید کک در این پژوهش از راکتور استوانه‌ای نیمه پیوسته^۱ به قطر ۳/۵ سانتی‌متر و طول ۲۵ سانتی‌متر، کوره الکتریکی با ظرفیت تحمل حداکثر دمای ۱۰۰۰ °C، آون، پیکنومتر، دسیکاتور، پمپ خلا، دستکش ضد اسید، ترازو دیجیتال با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۱، پشم شیشه برای جلوگیری از خروج حرارت از انتهای راکتور و ... استفاده شد.

در شکل ۱، شمای کلی سیستم مورد استفاده برای تولید و بررسی کک نفتی به وضوح قابل مشاهده است.

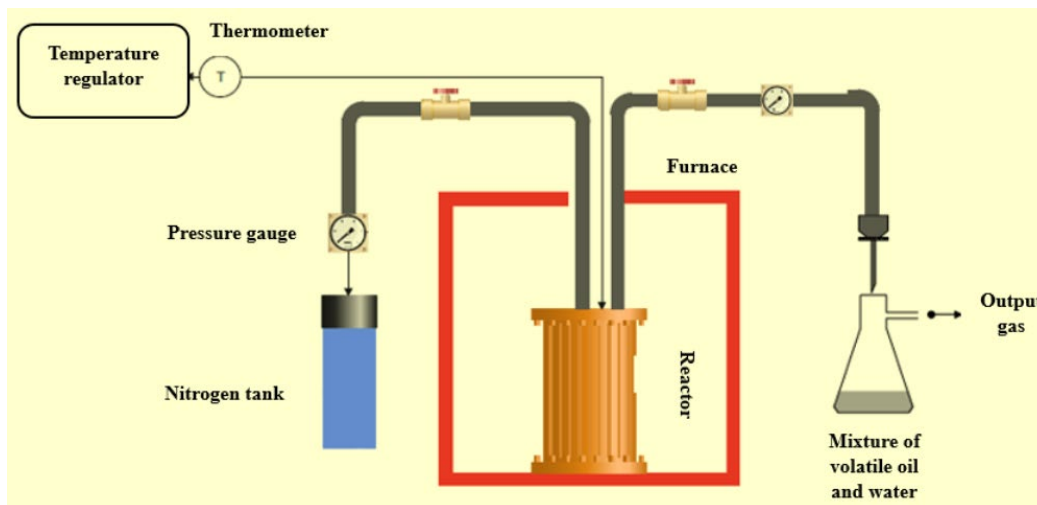


Figure 1- Schematic of the setup of coke production
 شکل ۱- طرح‌واره تجهیزات مورد استفاده برای تولید کک

روش تولید کک نفتی

قیر به مقدار ۶۵-۶۰ گرم اندازه‌گیری شده و در داخل راکتور نیمه پیوسته قرار داده می‌شود. درب راکتور بسته شده و سپس داخل کوره الکتریکی قرار داده می‌شود. شایان ذکر است از نوار پشم شیشه برای عدم خروج گرما و اتلاف حرارت استفاده شد.

بعد از اتمام مراحل آماده‌سازی اولیه راکتور و کوره، از کپسول نیتروژن توسط رابط و شیر تنظیم فشار تعبیه شده در بالای راکتور، گاز نیتروژن به راکتور وصل شد. با استفاده از یک زمان‌سنج شروع به زمان‌گیری کرده و هر ۵ الی ۱۰ دقیقه دمای راکتور (T_R) و دمای کوره (T_F) ثبت شد. دما را به صورت پله‌ای افزایش داده و سپس به سیستم اندکی زمان داده تا به حالت پایا برسد. تا زمانی این روند ادامه داده می‌شود تا اینکه اولین حباب‌ها در ظرفی که مخلوط گاز و مایع از راکتور خارج می‌شوند، ظاهر شوند و شعله‌های زرد رنگ در کنار شعله‌های مشعل تعبیه شده برای سوزاندن گازهای خروجی مشاهده شود. سپس شیر تنظیم فشار راکتور را بسته تا راکتور به فشار دلخواه برسد که در این حین هم دمای T_F و هم T_R ثبت شد. در این بخش از آزمایش نباید حبابی در داخل ظرف مشاهده کرد زیرا شیر خروجی تنظیم فشار بسته است. میانگین دمای راکتور و کوره در زمانی که اولین شعله‌ها مشاهده شدند به ترتیب حدود ۲۷۰-۲۹۰ و حدود ۳۲۰-۳۴۰ درجه سانتی‌گراد است.

اولین شعله‌ها نشانه تشکیل لایه‌های کک است. به بیان دیگر قیر از حالت مایع به جامد در حال تغییر فاز است. با رسیدن فشار راکتور به فشار دلخواه، شیر فشار باید طوری تنظیم شود تا فشار کاهش نیابد و در فشار موردنظر ثابت باشد.

^۱ Semi Batch

معمولاً دما تا جایی در طول آزمایش بالا می‌رود که دیگر گازی در داخل راکتور نباشد (نشان‌دهنده پایان آزمایش). عدم مشاهده شعله زرد و مشاهده تنها شعله آبی رنگ بدان معنی است که دیگر گازی داخل راکتور ناست و می‌توان سیستم را خاموش و گاز نیتروژن را برای خنک‌سازی سیستم متصل، و در فشار دلخواهی تنظیم کرد. در کل، طی آزمایش‌های انجام شده دمای کوره تا حدود ۷۹۰ درجه سانتی‌گراد و دمای راکتور تا حدود ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. در ادامه پس از خنک شدن سیستم، راکتور از داخل کوره خارج شد و کک به وسیله سوهان از داخل راکتور تراشیده و خارج شد. مقدار کک تولیدی وزن شده و سپس می‌توان با نسبت‌گیری مقدار کک تولیدی بر روی قیر استفاده شده، بازدهی را بدست آورد.

فرمول محاسبه دانسیته کک نفتی

چگالی (دانسیته) نمونه را برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب با استفاده از رابطه (۱) و طبق استاندارد ASTM-D5004-98 محاسبه شد:

$$\text{Density} = W_s \left(\frac{\rho_x}{W_s - (W_1 - W_2)} \right) \quad (1)$$

که در معادله بالا:

W_s جرم نمونه برحسب گرم

ρ_x چگالی زایلین در دمای 25°C که حدوداً 0.74 g/cm^3 است و در طول تست از چگالی بنزین استفاده شد که تقریباً 0.68 g/cm^3 و نزدیک به مقدار دانسیته زایلین در دمای محیط است.

W_1 جرم پیکنومتر پر شده با نمونه و بنزین برحسب گرم W_2 و جرم پیکنومتر پر شده با بنزین برحسب گرم است.

$W_s - (W_1 - W_2)$ جرم بنزین جانشین شده با کک نفتی برحسب گرم است.

$\frac{\rho_x}{W_s - (W_1 - W_2)}$ حجم بنزین جانشین شده با کک نفتی برحسب cm^3 است.

بهترین نتایج بدست آمده از کک‌های تولیدی محاسبه شده در جدول ۵ در هر دما و فشار را قابل مشاهده است.

جدول ۳- نتایج بدست آمده در دما و فشارهای مختلف

Table 3- results obtained in different temperatures and pressures

Test	FEED (g)	P (bar)	$T_{R\text{MAX}}$ ($^\circ\text{C}$)	Product (g)	Efficiency %	Density (gr/cm^3)
1	65	0.5	390	17.67	21	1.36
2	62.96	1	526	17.68	28.06	1.60
3	62.04	1.5	530	17.33	27.93	1.72
4	61.29	2.5	573	18.66	30.44	1.65
5	60	3	609	18.37	30.92	1.87
6	60.39	4	632	18.45	32	1.90

مورفولوژی

میکروسکوپ نوری

برای بررسی مورفولوژی محصول تولیدی، سه نمونه با دانسیته‌های $1/36 \text{ g/cm}^3$ و $1/87 \text{ g/cm}^3$ و $1/90 \text{ g/cm}^3$ انتخاب شدند که در شکل‌های ۲(الف)، ۲(ب) و ۲(ج) قابل مشاهده هستند. بزرگنمایی عکس‌های درج شده ۱۰۰ برابر است. در ادامه به بررسی عکس‌های خروجی از میکروسکوپ نوری می‌پردازیم.

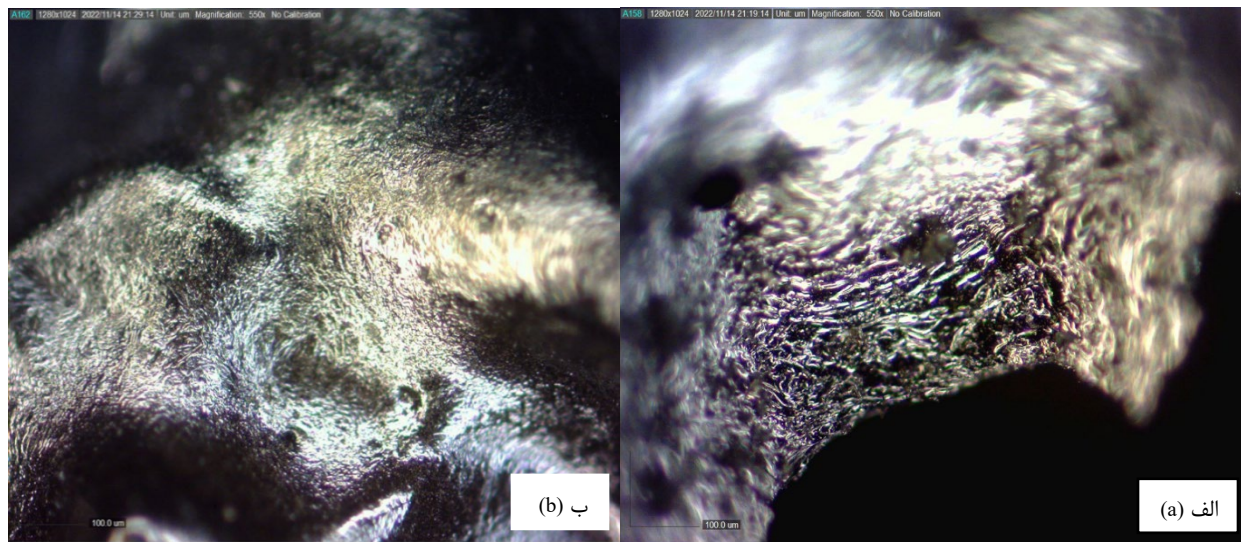


Figure 2(a), 2(b)- Optical microscope pictures of coke with density of 1.87 g/cm^3 and 1.36 g/cm^3 respectively
شکل ۲ (الف) و ۲ (ب) - عکس میکروسکوپ نوری کک با دانسیته $1/87 \text{ (g/cm}^3)$ و $1/36 \text{ (g/cm}^3)$

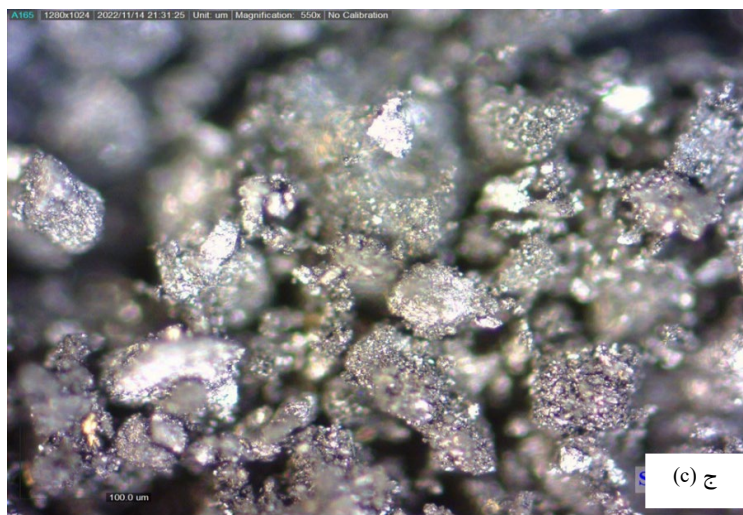


Figure 2(c)- Optical microscope picture of coke with density of 1.9 g/cm^3
شکل ۲ (ج) - عکس میکروسکوپ نوری کک با دانسیته $1/9 \text{ g/cm}^3$

از لحاظ فیزیکی نیز کک باید دارای تخلخل جهت به دام انداختن حرارت در داخل خود باشد تا دارای ضریب هدایت حرارتی مناسبی باشد که از این منظر این کک تا حدودی قابل پذیرش است. با توجه به تصاویر، در نمونه‌هایی که کک دارای دانسیته کمی است، از تراکم پایینی برخوردار بوده و این محصول بهینه ناست. به علاوه، در کک‌هایی با دانسیته بالاتر، کک نسبتاً متراکم‌تر است. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که هر چه میزان دما و فشار بالا رود و به دما و فشار بهینه (منظور از دما و فشار بهینه، دما و فشاری است که ککی با بالاترین دانسیته در این دما و فشار و لحاظ ارزش اقتصادی تولید شود) نزدیک شود، کک تولیدی دارای ساختار شبکه‌ای و متخلخل بوده و کک مطلوبی است.

آنالیز SEM

سه نمونه از کک‌های تولیدی به ترتیب با دانسیته‌های 1.36 g/cm^3 ، 1.9 g/cm^3 و 1.87 g/cm^3 برای آنالیز SEM انتخاب شدند. در ابتدا تصاویری از دو نمونه با دانسیته 1.87 g/cm^3 و 1.36 g/cm^3 با بزرگنمایی $20 \mu\text{m}$ گرفته شد که در شکل ۳(الف) و ۳(ب) قابل مشاهده هستند.

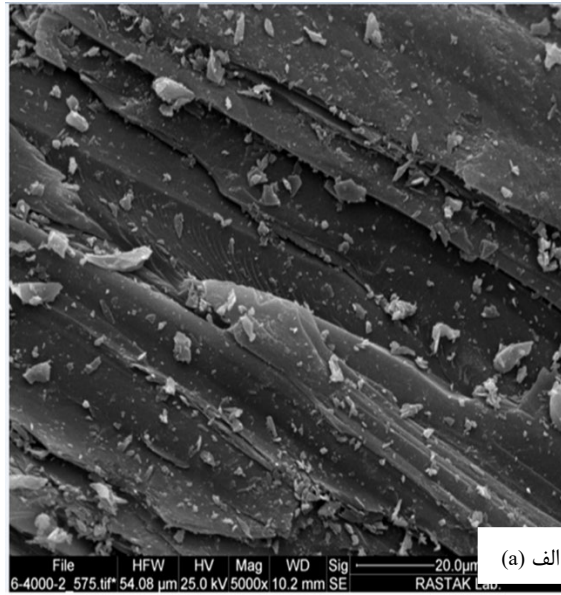


Figure 3(a)- SEM picture of coke with density of 1.87 g/cm^3
شکل ۳(الف) - عکس SEM کک با دانسیته 1.87 g/cm^3

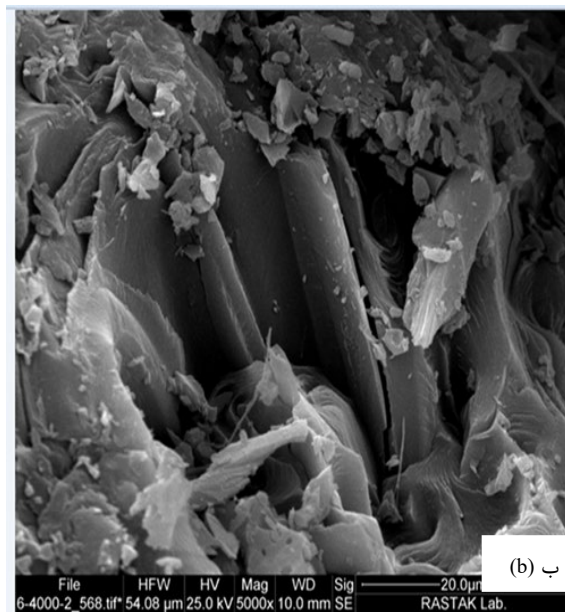


Figure 3(b)- SEM picture of coke with density of 1.36 g/cm^3
شکل ۳(ب) - عکس SEM کک با دانسیته 1.36 g/cm^3

با توجه به تصاویر ۳(الف) و ۳(ب) می‌توان دریافت که نمونه دارای دانسیته کم، دارای محتوای فیبر کم و جهت‌گیری ضعیف می‌باشند [۱۰،۹]. لازم به ذکر است کیفیت کک سوزنی به ساختار الیاف کک سوزنی بستگی دارد، هرچه ساختار الیاف کامل‌تر توسعه یابد، عملکرد کک سوزنی بهتر است. کک با دانسیته $1/87 \text{ g/cm}^3$ دارای ساختار پوسته پوسته واضحی است و لایه‌بندی نزدیک‌تر است [۴]. سپس در مقیاس $200 \mu\text{m}$ عکس‌هایی از هر سه نمونه گرفته که نتایج در شکل‌های ۴(الف)، ۴(ب) و ۴(ج) قابل مشاهده است.

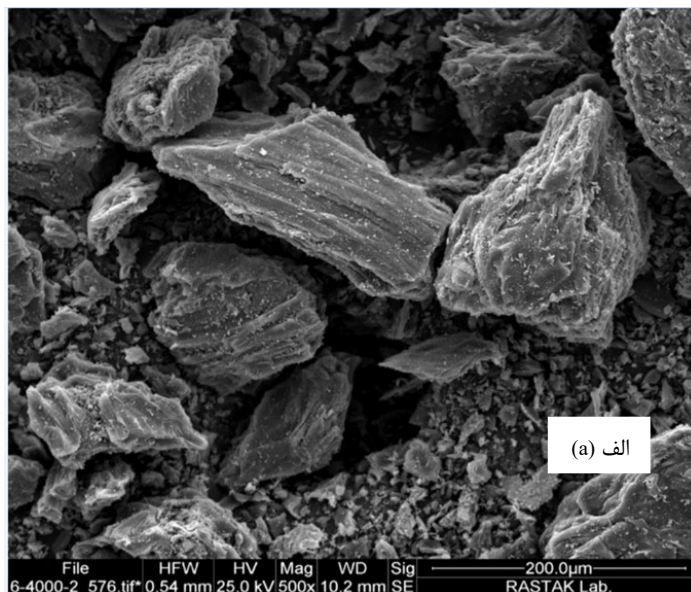


Figure 4(a)- SEM picture of coke with density of 1.87 g/cm^3

شکل ۴(الف) - عکس SEM کک با دانسیته $1/87 \text{ g/cm}^3$

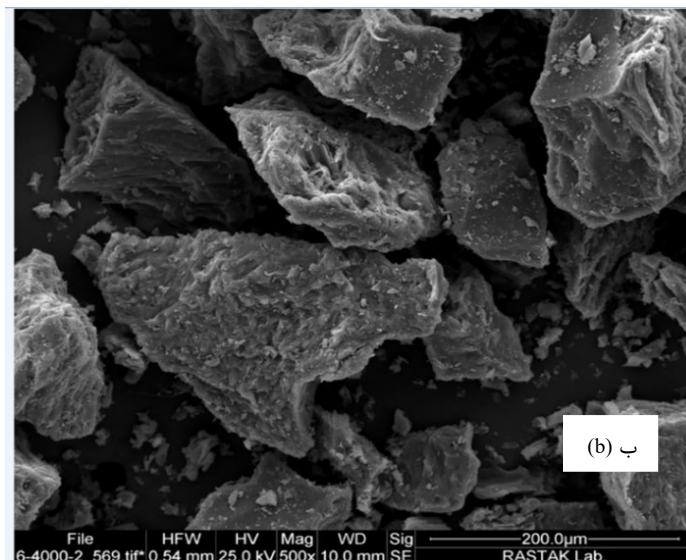


Figure 4(b)- SEM picture of coke with density of 1.36 g/cm^3

شکل ۴(ب) - عکس SEM کک با دانسیته $1/36 \text{ g/cm}^3$

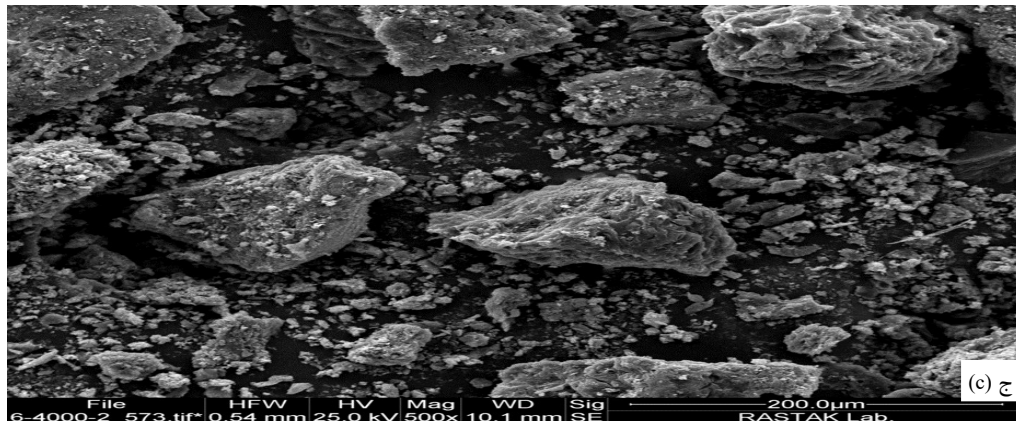


Figure 4(c)- SEM picture of coke with density of 1.9 g/cm³

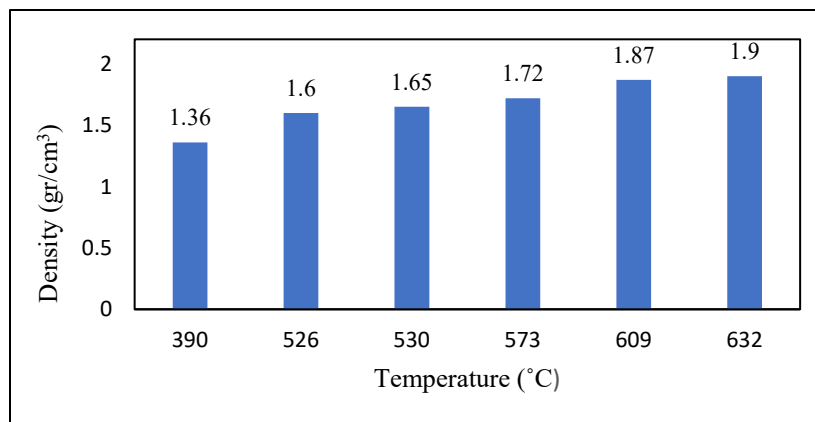
شکل ۴(ج) - عکس SEM کک با دانسیته ۱/۹ g/cm³

از نتایج به دست آمده در مقیاس ۲۰۰ μm می توان به این نتیجه رسید که کک های تولیدی دارای ساختار پوسته پوسته واضحی می باشند و با افزایش درجه حرارت تا محدوده ۶۰۰ °C در نمونه با دانسیته ۱/۳۶ g/cm³ مشاهده می شود که لبه های سطح ذرات کک محو می شوند، سطح لایه صاف می شود و لایه بندی نزدیک تر می شود [۱۱] و علاوه بر این در اشکال به دست آمده از انجام آزمایش SEM یک ساختار کانال متخلخل با جهت گیری بالا قابل مشاهده بوده که به این معنی است که شکل دهی و خروج آن احتمالاً نتیجه ماهیت مداخله جریان گاز (یعنی برش) است [۱۲].

نتایج

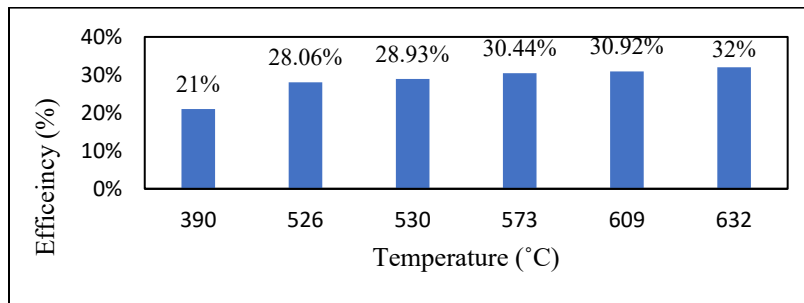
اثر دما بر تولید کک

در طی روند این پژوهش، دما از حدود ۲۰۰ °C تا ۷۰۰ °C که محدوده کارکرد کوره الکتریکی است، تغییر یافت و به طور کلی می توان گفت با توجه به شرایط آزمایشگاه و تجهیزات مورد استفاده، دمای بهینه برای تولید کک نفتی با توجه به شرایط موجود در محدوده ۶۰۰ درجه سانتی گراد بوده که در این دما دانسیته و بازدهی تولید کک در حالت مطلوب قرار دارد و به ترتیب در نمودارهای ۱ و ۲ قابل مشاهده است.



Graph 1- Effect of temperature on density of the produced coke

نمودار ۱- تأثیر دما بر چگالی کک تولید شده

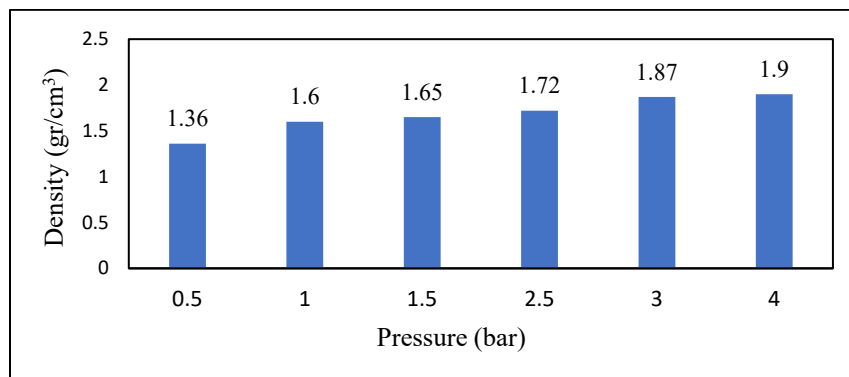


Graph 2- Effect of temperature on the efficiency of the produced coke

نمودار ۲- تأثیر دما بر بازدهی کک تولید شده

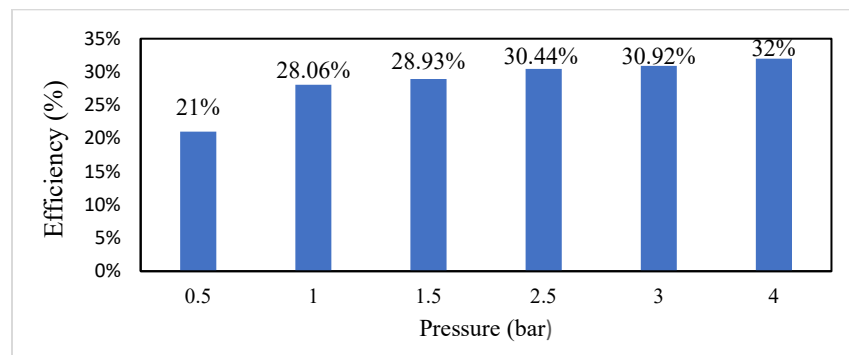
اثر فشار بر تولید کک

در طی این پژوهش، فشار از حدود (۰-۴) bar در محدوده عملیاتی راکتور تغییر یافت. به طور کلی می‌توان گفت با توجه به شرایط آزمایشگاه و تجهیزات مورد استفاده، فشار بهینه برای تولید کک نفتی با توجه به شرایط موجود در محدوده (۳-۴) bar بوده که در این دما دانسیته و بازدهی تولید کک در حالت مطلوب قرار دارد که به ترتیب در نمودارهای ۳ و ۴ زیر قابل مشاهده است.



Graph 3- Effect of pressure on the density of the produced coke

نمودار ۳- تأثیر فشار بر چگالی کک تولید شده



Graph 4- Effect of pressure on the efficiency of the produced coke

نمودار ۴- تأثیر فشار بر بازدهی کک تولید شده

نتیجه‌گیری

کک ماده‌ای سیاه رنگ است که عمدتاً از کربن تشکیل شده و از تجزیه حرارتی هیدروکربن‌های سنگین نفت خام و منابع قیری به دست می‌آید. از جمله مصارف کک الکتروود گرافیتی، الکتروود و برس‌های مختلف الکتریکی و استفاده در نیمه‌هادی‌ها است. در این پژوهش سعی شد تا با تغییرات دما و فشار، ککی بهینه با دانسیته بالا تولید شود. طبق آزمایش‌های انجام شده و نتایج دست آمده، هرچه دانسیته کک تولید شده بیشتر باشد، محصول نهایی متراکم‌تر بوده و در نتیجه ضریب هدایتی مناسب‌تری خواهد داشت. با توجه به تصاویر میکروسکوپی نمونه‌های ساخته شده نیز، هرچه جهت‌گیری الیاف کک هماهنگ‌تر باشد، محصول بهینه‌تری تولید شده است. به‌علاوه، با توجه به نتایج پژوهش، با بررسی تغییرات دما و فشار به‌منظور تولید کک بهینه مشخص شد با افزایش دما و فشار، کک نهایی از دانسیته بالاتری برخوردار بوده و بهینه است. در نهایت در این پژوهش محصول موردنظر از لحاظ کیفیت در محدوده دمایی 600°C و فشار بهینه نیز ۳-۴ بار با موفقیت تولید شد.

منابع

- [1] Y. Zhu, C. Zhao, Y. Xu, C. Hu, and X. Zhao, "Preparation and Characterization of Coal Pitch-Based Needle Coke (Part I): The Effects of Aromatic Index (fa) in Refined Coal Pitch," *Energy and Fuels*, vol. 33, no. 4, pp. 3456–3464, 2019.
- [2] S. J. Chalk, *IUPAC Gold Book*. IUPAC Committee on Publications and Cheminformatics Data Standards (CPCDS), 2022
- [3] I. Lee, K. Saito, S. H. Yoon, Y. Korai, and I. Mochida, "Activation of coal tar derived needle coke with K_2CO_3 into an active carbon of low surface area and its performance as unique electrode of electric double-layer capacitor," *Carbon N Y*, vol. 43, no. 14, pp. 2960–2967, 2005.
- [4] S. R. Kelemen, M. Siskin, M. L. Gorbaty, D. T. Ferrughelli, P. J. Kwiatek, L. D. Brown, C. P. Eppig, and R. J. Kennedy, "Delayed coker coke morphology fundamentals: Mechanistic implications based on XPS analysis of the composition of vanadium- and nickel-containing additives during coke formation," *Energy and Fuels*, vol. 21, no. 2, pp. 927–940, 2007.
- [5] L. Edwards, "The History and Future Challenges of Calcined Petroleum Coke Production and Use in Aluminum Smelting," *J. of Minerals, Metals and Materials Society*, vol. 67, no. 2, pp. 308–321, 2015.
- [6] R. R. Gabdulkhakov, V. A. Rudko, and I. N. Pyagay, "Methods for modifying needle coke raw materials by introducing additives of various origin (review)," *Fuel*, vol. 310. Elsevier Ltd, Feb. 15, 2021
- [7] D. K. Özdemir, "Temperature Susceptibility and Rheological Aging Characteristics of the Bitumen Having Different Penetration Grades," *Black Sea Journal of Engineering and Science*, vol. 4, no. 4, pp. 209–213, Oct. 2021.
- [8] R. N. Hunter, J. Read, and D. Whiteoak, *The Shell bitumen handbook*. Thomas Telford Publishing, 2003.
- [9] A.G. Gungor, F. Orhan, S. Kasak, "The determination of performance of wearing course mixture using advanced asphalt tests," 5th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 13-15th June 2012, Istanbul, Turkey.
- [10] R. J. Tyler and I. W. Smith, "Reactivity of petroleum coke to carbon dioxide between 1030 and 1180 K." *Fuel*, Vol. 54, Issue 2, pp. 99-104, April 1975.
- [11] H. Zhang, U. K. Ibrahim, W. Y. Xue, H. Liu, and A. Guo, "The quantitative assessment of coke morphology based on the Raman spectroscopic characterization of serial petroleum cokes," *Fuel*, vol. 246, pp. 60–68, Jun. 2019.
- [12] M. Mohadesi and H. S. Mousavi, "Kinetic Investigation of Catalyst Deactivation in Catalytic Reforming of Naphtha," *Chemical Product and Process Modeling*, vol. 7, no. 1, Jun. 2012.

English Abstract

Effect of temperature and pressure on oil coke production from refinery tailings

Mohammad arghavanifard¹, Ramin karimzadeh^{2*}

1- Department of chemical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, M.arghavanifard@modares.ac.ir

2- Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Ramin@modares.ac.ir

* Corresponding author

(Received: 2024/07/29, Received in revised form: 2024/10/19, Accepted: 2024/11/22)

In this research, the batch bomb method is used to produce coke with high density and thermal conductivity. The effect of increasing and decreasing temperature and pressure, is investigated in order to synthesize a high-quality and industrial product. The main problem in this research is that the produced coke has low physical resistance which causes high corrosion in systems and high consumption in industry. The main purpose of this research is to enhance the final product by changing the two parameters of temperature and pressure, so that the physical resistance will increase and the coefficient of thermal expansion will decrease. During 42 conducted tests, the range of the temperature was varied from about 200°C to 800°C and pressure range was varied from atmospheric pressure to 4 bar, densities from about 1.28 to 1.9 grams per centimeter cube obtained and in the same way the efficiency was achieved from 15.80 to 41.68%. According to the results, it can be concluded that the most ideal temperature obtained in petroleum coke with high density and high efficiency is 600°C to 685°C and the most ideal pressure is also 2.5 bar.

Keywords: Density, Carbonization, Calcination, Coke