



# سیزدهمین کنفرانس ملی مهندسی شیمی ایران و اولین کنفرانس بین المللی منطقه‌ای مهندسی شیمی و نفت

۳ - ۶ آبان ۸۹  
کرمانشاه - دانشگاه رازی

**13<sup>th</sup> National Iranian Chemical Engineering Congress  
&  
1<sup>st</sup> International Regional Chemical and Petroleum  
Engineering Conference**

**25-28 October 2010  
Razi University - Kermanshah , Iran**



برگزار کنندگان : دانشگاه رازی کرمانشاه • انجمن مهندسی شیمی ایران • دانشگاه بابل عراق

Organizers : Razi University • Iranian Association of Chemical Engineering • Babylon University of Iraq

websit : [www.ichec13.ir](http://www.ichec13.ir)  
secretariat@ichec13.ir; ichec13@razi.ac.ir



## Copper and nickel adsorption on porous chitosan membranes

Azadeh Ghaee, Mojtaba Shariaty-Niassar\*, Jalal Barzin

Corresponding Author Address: Chemical engineering department, University of Tehran, P. O. Box 11365-4563, Tehran, Iran

E-mail: mshariat@ut.ac.ir

### Abstract

Adsorption amounts of copper and nickel ions on porous chitosan membranes were investigated in this research. Porous and macroporous chitosan membranes were prepared. Chemical characterization of porous membrane surface before and after adsorption was studied by ATR-FTIR. Membranes' Surface and cross section morphologies were observed by SEM. Porous membrane which prepared with immersion-precipitation method had sponge-like structure. Macroporous membrane had higher surface roughness and asymmetric structure with macro pores. Copper and nickel adsorption on both membranes were studied. For initial concentration of 400ppm, copper and nickel adsorption amounts for porous membrane were 9.84 and 1.38 and for macroporous chitosan membrane were 13.23 and 3.93. Equilibrium data were fitted to Langmuir and Freundlich models and related constants were reported.

**Keywords:** Adsorption, Chitosan, Macroporous, Morphology, Equilibrium isotherm

## Preparation of KOH activated anthracite from Tabbas coal for natural gas storage

Hamed Rashidi<sup>1,\*</sup>, Ali Ahmadpour<sup>1</sup>, AliAyati<sup>1</sup>

*1-Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, I.R. Iran Email: E-mail:hamed\_rsh2003@yahoo.com*

### Abstract

In the present work, local Iranian anthracite was activated using potassium hydroxide and methane storage ability of them was studied. High Specific volumes (micro and mesoporosity) and densities are two vital characters for storing appropriate amount of natural gas. Three chemical to coal ratios ( $R=2, 2.5, 3$ ) and two activation temperatures (670, 730°C) at 1hr pyrolysis time were studied. Also the samples were made at 790°C but due to very low surface area and densities, further characterization tests have not been performed for these samples. Prepared KOH activated carbons with this method have high micropore volumes. The highest methane storage was obtained for a sample with  $R=2$  and activated at 730°C (AK217301). The highest methane storage was obtained for sample with  $R=2$  and activated at 730°C (AK217301). The stored and delivered methane for this sample was 139 and 124 V/V, respectively.

**Keywords:** Methane storage, Activated carbon, KOH, chemical ratio, temperature.

## Wednesday, 9:00-12:30 (Break: 10:30-10:50)

**Chairmen: M. A. Moosavian, F. Feyzi**

Hall	Subject	Code	Title	Presenter	
A	Thermodynamics	02114	Force field comparisons for water properties at the supercritical state in molecular dynamics simulation	Farzaneh	Feyzi
		02221	Analysis of equilibrium data of CO <sub>2</sub> in aqueous 2-amino-2-methyl-1-propanol (AMP) using the Modified Kent Eisenberg model	Alireza	Jahangiri
		02103	نتایج آزمایشگاهی و مدل سازی ترمودینامیکی شرایط تعادل سه فاز هیدرات در سیستم (آب)	Farshad	Varaminian
		02153	Thermodynamic modeling of hydrogen and methane SH hydrates in the presence of methylcyclohexane	Jafar	Javanmardi
		02127	اندازه گیری و مدل سازی بازیابی کربن فعال اشباع از سیکلوهگزان با دی اکسید کربن فوق بحرانی	Mohammad Nader	Lotfollahi
		02151	Prediction of CO <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S solubility in aqueous MDEA solution using electrolyte Cubic Square Well equation of state	Ali	Haghtalab
		02132	GROUP CONTRIBUTION METHOD FOR PREDICTING PHASE BEHAVIOR OF BINARY MIXTURES CONTAINING NITROGEN	Neda	Abedi
		02119	Properties of Cationic/Nonionic Surfactants at Organic/Aqueous Interface	Javad	Saien
		02162	Binary and Ternary Equilibria for Xylene Isomers on Bax Zeolite	somayah	tourani

**Chairmen: M. Ahmadi, S. H. Hashemabadi**

Hall	Subject	Code	Title	Presenter	
B	Separation Processes	03174	بهبود عملکرد جداسازی گازی غشا شبکه ترکیبی پایه پلی ایمیدی با افزایش نانوذرات دی اکسید تیتانیوم	Farhad	Moghadam
		03187	اصلاح روش بهینه سازی برج های Thermally Coupled با استفاده الگوریتم ژنتیک و ارائه الگویی برای افزایش بازده	Gholamreza	Baghmisheh
		03188	تهیه کربن فعال از ذغال سنگ طبرس به روش شیمیایی و با استفاده از KOH جهت ذخیره سازی متان	Hamed	Rashidi
		03191	تاثیر شرایط سنتز بر اندازه ریزساختار غشاء Silicalite-1	Mohammad	Rostamizadeh
		03192	بررسی گوگردزدایی عمیق از سوخته های مایع به روش	Elham	Mousavi
		03194	Influence of synthesis method on phase structure of La <sub>0.6</sub> Sr <sub>0.4</sub> Co <sub>0.2</sub> Fe <sub>0.8</sub> O <sub>3-δ</sub> (LSCF) perovskite-type oxide	Afshin	Pak
		03205	کنترل عوامل مؤثر بر خوردگی و رسوبدهی در برج خنک کن و روش های جلوگیری از آن	Eisa	Novieri
		03211	Energy saving in LAB distillation unit by feed splitting	Hamid	Amiri
		03215	Prediction of Rotary Disc Column Height Using of New Correlation of Mass Transfer Coefficient Presented for Single Drops	Nafiseh	Khoobi



## تهیه کربن فعال از زغال سنگ طبس به روش شیمیایی و با استفاده از KOH جهت ذخیره سازی متان

حامد رشیدی<sup>1</sup>، علی احمدپور<sup>2</sup>، علی آیتی<sup>3</sup>

مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

Email: [hamed\\_rsh2003@yahoo.com](mailto:hamed_rsh2003@yahoo.com)

### چکیده

در این مقاله ذخیره سازی گاز متان بر روی کربن های فعال تهیه شده از آنتراسیت ایران که به کمک KOH فعال گردیده اند، مورد بررسی قرار گرفته است. دو عامل حجم بالای روزنه های ریز و دانسیته زیاد برای ذخیره سازی مقدار مناسبی از گاز طبیعی (متان) بسیار حیاتی می باشند. تاثیر نسبت ماده شیمیایی به زغال سنگ (R) در سه سطح 2، 2/5 و 3 و دما در دو سطح  $670^{\circ}\text{C}$  و  $730^{\circ}\text{C}$  در تهیه کربن فعال مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه ها در دمای  $^{\circ}\text{C}$  790 نیز ساخته شدند ولی به علت دانسیته و سطح فعال بسیار پایین، آزمایشات بیشتر بر روی آن ها انجام نگرفت. کربن های تهیه شده با این روش دارای حجم روزنه های ریز زیاد می باشند. بیشترین مقدار ذخیره سازی و دفع مربوط به نمونه تهیه شده با R برابر 2 در دمای  $730^{\circ}\text{C}$  می باشد که به ترتیب برابر با 139 V/V و 124 V/V است.

**واژه‌های کلیدی:** ذخیره سازی متان، کربن فعال، KOH، نسبت ماده فعال ساز، دما.

### 1- مقدمه

۱- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی

۲- دانشیار مهندسی شیمی

۳- دانشجوی دکتری مهندسی شیمی

گاز طبیعی که عمدتاً از متان تشکیل شده است در مقایسه با سایر سوختها به علت فراوانی و قیمت ارزان، یک سوخت بسیار مناسب به حساب می آید [1]. گاز طبیعی دانسیته بسیار پایینی دارد که موجب ایجاد محدودیت در کاربرد آن می گردد [2]. بنابراین روشهای مختلفی جهت ذخیره سازی مقدار مناسبی از گاز طبیعی مورد استفاده قرار می گیرد. در میان روشهای گوناگون، گاز طبیعی فشرده شده (CNG) یک روش بسیار معمول جهت استفاده از گاز طبیعی در اتومبیل ها می باشد. این روش دارای معایبی نظیر فشار بالای ذخیره سازی (200-250 bar) بوده و با توجه به استفاده از مخازن تحت فشار، خطرات احتمالی آن زیاد می باشد. گاز طبیعی جذب شده یا ANG (Adsorbed Natural Gas) به عنوان یک روش جایگزین برای CNG به حساب می آید که موجب کاهش فشار ذخیره سازی و فائق آمدن بر مشکلات CNG می گردد. مواد مختلفی نظیر زئولیت ها، نانو لوله های کربنی و کربن های فعال جهت جذب متان مورد استفاده قرار گرفته اند که بهترین نتایج گزارش شده مربوط به کربن های فعال می باشد [2]. بیشترین دانسیته جذب متان در فشار 3/5 MPa و در روزنه هایی با قطر 0/8nm حاصل می گردد [1]. داشتن سطح ویژه بالا و متعاقب آن حجم بالای روزنه های ریز و نیز توزیع مناسب اندازه روزنه ها برای جذب مقدار مناسبی از گاز متان بسیار مهم می باشند. کربن های فعال شده به روش شیمیایی از کارآیی بسیار مناسبی جهت ذخیره سازی متان برخوردار بوده و این نوع کربن های فعال دارای سطوح ویژه بالا و متعاقب آن حجم بالای روزنه های ریز می باشند (به ترتیب تا  $3000 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  و  $1/2 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ ) که این خصوصیات منجر به ظرفیت بالای جذب و دفع می گردد [1]. لازم به یادآوری است، هدفی که توسط گروه تحقیقاتی آتلانتا (Atlanta Gas Light Adsorbent Research Group) جهت اقتصادی بودن این روش تعیین گردیده ذخیره سازی 150 V/V برای گاز قابل حصول می باشد [3].

برای تهیه کربن های فعال به روش شیمیایی، مواد مختلف شیمیایی نظیر اسید فسفریک، کلرید روی، کربنات سدیم، و هیدروکسید سدیم و پتاسیم جهت فعال سازی به همراه پایه های کربنی متنوع نظیر زغال سنگ و پوسته سخت میوه ها (مانند پوست نارگیل) مورد استفاده قرار گرفته اند [4-12]. نتایج آزمایشات مختلف [13-15] نشان داده اند که کربن های فعال تهیه شده با NaOH و KOH بهترین نتایج را در مقایسه با سایر مواد فعال ساز شیمیایی حاصل می نمایند. در دیگر گزارشات [16-17] اختلاف بین مکانیزم عملکرد این دو ماده شیمیایی مورد بحث قرار گرفته و نتایج حاکی از آن است که KOH در بین لایه های کربنی جای می گیرد [18-19]، در حالی که NaOH با مولکولهای پر انرژی روی سطح ماده اولیه واکنش می دهد. بنابراین واکنش های انجام شده، وابسته به ساختار ماده اولیه و درصد کربن آن می باشد [20 و 21].

هدف از این تحقیق مطالعه بیشتر بر روی کربن های فعال تهیه شده با KOH و بررسی تاثیر نسبت وزنی ماده فعال ساز به آنتراسیت (R) و دما و نیز بررسی دیگر ویژگی های آنها از قبیل میزان ذخیره سازی متان می



باشد. همچنین، در این تحقیق برای اولین بار از آنتراسیت ایران جهت تهیه کربن فعال استفاده گردیده است. در نهایت مقدار بهینه R و دمای فعال سازی مناسب بدست آمده است.

## 2- آزمایشات

مطالعات متعددی بر روی زغال آنتراسیت بویژه آنتراسیت اسپانیا و آلمان و سبیری جهت تهیه کربن های فعال به کمک هیدروکسید سدیم [24 و 23 و 16 و 2] و هیدروکسید پتاسیم [24 و 15] انجام شده است. در این مطالعه برای اولین بار از آنتراسیت ایران که از معدن طبس واقع در خراسان جنوبی استخراج شده، استفاده گردیده است. آنالیز این زغال سنگ در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- آنالیز آنتراسیت طبس

رطوبت (%)	مواد فرار (%)	خاکستر (%)	کربن (%)
1/1	5/9	7/9	85/1

در این تحقیق از هیدروکسید پتاسیم به عنوان مواد فعال ساز استفاده گردیده است. از آنجایی که در بسیاری از مطالعات قبلی [15-13 و 2] بهترین نسبت ماده شیمیایی بین 2 و 3، بهترین دما در حدود  $700^{\circ}\text{C}$  و مناسب ترین زمان فعال سازی 1 تا 2 ساعت بدست آمده اند، لذا در این تحقیق نسبت وزنی ماده شیمیایی به آنتراسیت (R) برابر 2 و 2/5 و 3، دمای فعال سازی (T) برابر 670 و  $730^{\circ}\text{C}$  و زمان فعال سازی 1 ساعت در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که آزمایشات در دمای  $790^{\circ}\text{C}$  نیز انجام گرفتند ولی به علت دانسیته بسیار پایین آن ها (در حدود 0/3) و نیز سطح فعال بسیار کم که دو پارامتر بسیار حیاتی در ذخیره سازی مقدار مناسب گاز می باشد، آزمایشات بیشتر بر روی این نمونه ها انجام نشد و بررسی های بیشتر تنها بر روی نمونه های ساخته شده در دماهای 670 و  $730^{\circ}\text{C}$  انجام گرفت. در نامگذاری نمونه ها، ابتدا AK که نشان دهنده آنتراسیت فعال شده با KOH می باشد آورده شده است و اعداد بعدی به ترتیب نشان دهنده نسبت ماده شیمیایی و سپس دما بوده و در انتها عدد 1 نشان دهنده زمان فعال سازی می باشد. به عنوان مثال نام نمونه ای که با نسبت ماده شیمیایی برابر 2 و در دمای  $670^{\circ}\text{C}$  تهیه شده است، AK216701 می باشد.

در ابتدا آنتراسیت خرد و در محدوده اندازه  $600-1000\ \mu\text{m}$  غربال شد و پس از خشک شدن با نسبت مشخصی از ماده فعال ساز مخلوط گردید. مخلوط حاصله درون یک ظرف قایق شکل استیل ریخته شده و درون یک کوره افقی قرار می گرفت. مواد تحت عبور گاز نیتروژن با شدت  $500\ \text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$  و شیب دمایی  $5\ \text{K}\cdot\text{min}^{-1}$  تا رسیدن به دمای مورد نظر گرم شده و برای مدت زمان تعیین شده در همان دما باقی می ماند. پس از اتمام زمان مورد نظر، به مواد داخل کوره تحت عبور گاز نیتروژن اجازه سرد شدن داده می شد. سپس



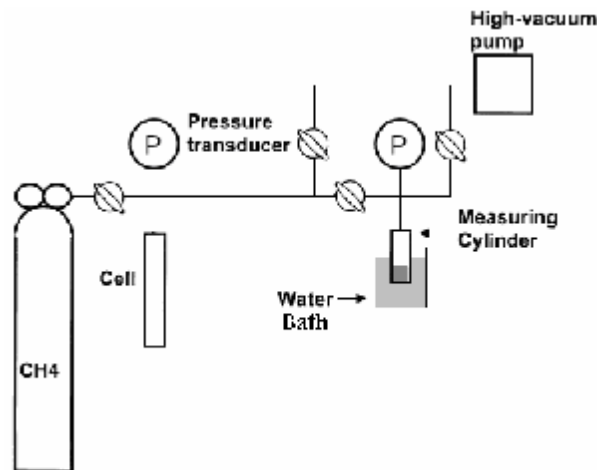
مواد از کوره خارج شده و به کمک محلول HCl یک مولار و آب مقطر چندین مرتبه شسته می شدند تا نمک های پتاسیم حاصله به همراه دیگر ناخالصیها جدا شده و کربن فعال خالص بدست آید.

## 2-1- تست یدی

از این تست برای بدست آوردن تخمین مناسبی از سطح ویژه استفاده می گردد و این عدد بر حسب میلی گرم جذب ید در هر گرم از کربن فعال بیان می شود. عدد یدی برای تمامی نمونه ها با دقت بالایی تعیین شد.

## 2-2- اندازه گیری میزان جذب متان

ایزوترم های جذب متان برای نمونه های انتخاب شده در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  و تا فشار  $3/5\text{ MPa}$  توسط روش حجمی بدست آورده شد. برای اینکار از یک اندازه گیرنده فشار Lutron با رنج فشار  $0-50\text{ MPa}$  و با دقت  $\pm 0/1\%$  استفاده گردید. شمای کلی سیستم جذب متان در شکل 1 آورده شده است.



شکل 1- دستگاه اندازه گیری جذب متان

در هر آزمایش در حدود 2 گرم از کربن فعال مورد نظر پس از خشک شدن درون سیلندر اندازه گیری دستگاه ریخته شده و سیلندر به منظور تخلیه کامل تمامی روزنه های کربن، به مدت 12 ساعت در دمای  $220^{\circ}\text{C}$  تحت خلاء قرار می گرفت و پس از اتمام این مرحله درون حمام آب  $25^{\circ}\text{C}$  قرار داده می شد. با وارد کردن مکرر گاز متان تا رسیدن به فشار نهایی ( $3/5\text{MPa}$ ) و اندازه گیری فشار سیستم (پس از رسیدن به تعادل) ایزوترم های جذب متان رسم شدند.

در روش ANG مهمترین ویژگی، مقدار گاز قابل حصول گاز ذخیره شده در کربن می باشد. این پارامتر از اختلاف مقدار گاز جذب شده در فشارهای 35 bar و 1bar بدست آمد که با عدد بدست آمده از طریق آزمایش دفع تا حد بسیار زیادی مطابقت دارد [15].



### 3-2- اندازه گیری دانسیته

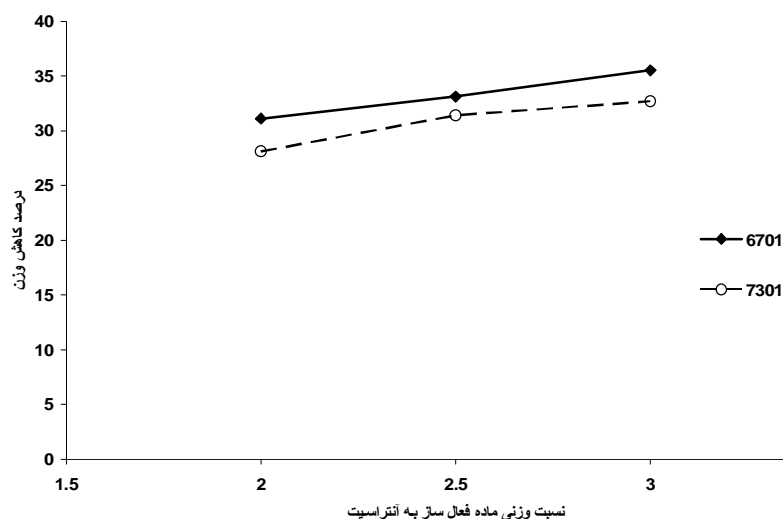
دانسیته کربن فعال نقشی بسیار حیاتی در مقدار گاز ذخیره شده دارد. هر چقدر دانسیته بالاتر باشد میزان گاز ذخیره شده در واحد حجم آن بیشتر خواهد بود. بنابر این اندازه گیری دانسیته با دقت بسیار بالایی انجام گرفت. دانسیته در فشاری برابر  $335 \text{ kg.cm}^{-2}$  و به کمک یک سیلندر و پیستون از جنس استیل با قطری حدود  $1/5 \text{ cm}$  اندازه گیری شد. اعمال فشار تا  $550 \text{ kg.cm}^{-2}$  نیز تاثیر منفی بر روی ساختار کربن نمی گذارد [15].

### 3- نتایج و بحث

تاثیر نسبت ماده فعال ساز به عنوان یکی از مهمترین پارامترهای تاثیر گذار بر میزان جذب به منظور یافتن نسبت بهینه و انتخاب بهترین ماده فعال ساز مورد بحث و بررسی قرار گرفته و نتایج مطالعات در این بخش آورده شده است.

#### 3-1- درصد کاهش وزن (Burn Off)

این پارامتر به صورت درصد کاهش وزن آنتراسیت پس از فعال سازی تعریف می شود و مقدار آن برای تمامی نمونه ها در شکل 2 آورده شده است.



شکل 2- درصد کاهش وزن برحسب نسبت وزنی ماده فعال ساز به آنتراسیت

همان گونه که مشاهده می گردد مقدار کاهش وزن با افزایش نسبت ماده شیمیایی افزایش می یابد. همین نتیجه در مورد آنتراسیت آلمان [13] نیز دیده شده است. بنابر این درصد کاهش وزن به صورت یک تابع خطی با R افزایش می یابد.



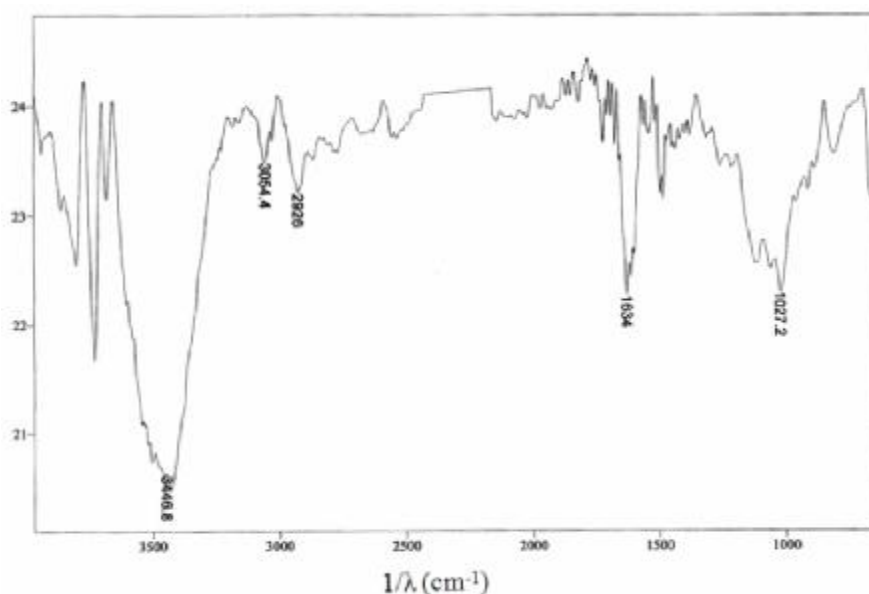
## 3-2- عدد یدی

عدد یدی که به صورت میلی گرم ید جذب شده در هر گرم از جاذب تعریف می شود برای تمامی نمونه ها به دست آمد و نتایج آن در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 2- عدد یدی نمونه ها

نام نمونه	عدد یدی (mg/g)	نام نمونه	عدد یدی (mg/g)
AK20216701	2080	AK217301	2190
AK2/516701	2308	AK2/517301	2351
AK316701	2495	AK317301	2552

همانگونه که مشاهده می شود با افزایش نسبت ماده فعال ساز و دما، عدد یدی و در نتیجه سطح ویژه افزایش می یابد ولی باید توجه داشت که ممکن است به دلیل وجود گروه های عاملی در کربن، سطح ویژه واقعی کمتر از مقادیر عدد یدی باشد. به همین دلیل تست IR بر روی یک نمونه انجام شد که در شکل 3 قابل مشاهده می باشد. پیک  $1634\text{cm}^{-1}$  نشان دهنده فرکانس کششی  $\text{C}=\text{C}$  می باشد. بنابراین در ساختار کربن های فعال تهیه شده به کمک KOH گروه عاملی  $\text{C}=\text{C}$  وجود دارند. به دلیل مصرف ید توسط این گروه سطح ویژه مقداری از عدد یدی کمتر می باشد که این اختلاف زیاد نمی باشد.

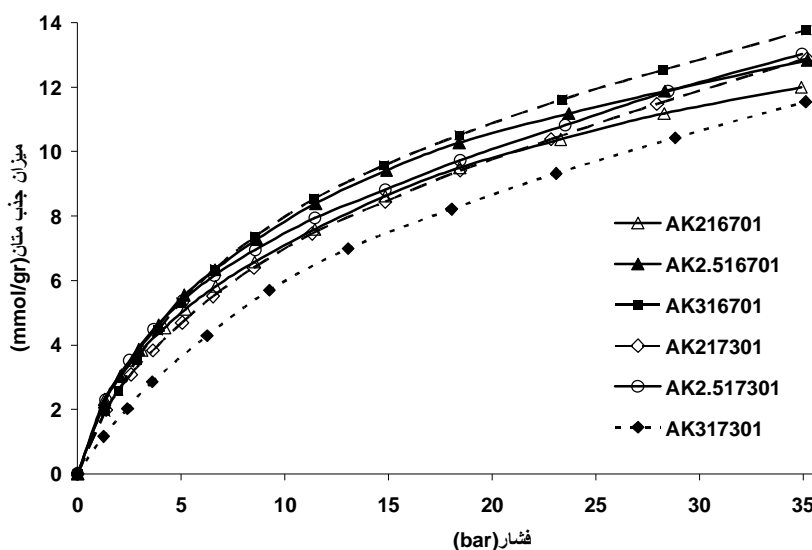


شکل 3- تست IR نمونه AK216701



### 3-3- تأثیر نسبت ماده فعال ساز (R) بر روی مقدار جذب متان

مطالعات متعدد نشان داده اند که پارامتر R نقش بسیار مهمی بر حجم روزنه های ریز و توزیع اندازه روزنه ها در ساختار کربن فعال دارد [26 و 25 و 15 و 13 و 7]. نتایج جذب متان برای کربن های تهیه شده در شکل 4 آورده شده است.



شکل 4- ایزوترم های جذب متان برای نمونه های تهیه شده

طبق شکل 4 در R برابر 3 و دمای  $670^{\circ}\text{C}$  بیشترین مقدار ذخیره سازی بر حسب  $\text{mmol.g}^{-1}$  حاصل می گردد ولی میزان ذخیره سازی بر حسب V/V شدیداً به دانسیته وابسته است. برای یافتن حجم گاز ذخیره شده در حجم محدود، با استفاده از مقادیر دانسیته مقدار ذخیره سازی بر حسب V/V بدست آمده اند که نتایج در جدول 3 مشاهده می شوند.

جدول 3- دانسیته و میزان ذخیره سازی متان

نام نمونه	دانسیته ( $\text{g.cm}^{-3}$ )	ذخیره سازی متان (V/V)	دفع متان (V/V)
AK216701	0/463	133	113
AK2/516701	0/383	120	104
AK316701	0/378	127	114
AK217301	0/443	139	124
AK2/517301	0/402	128	117
AK317301	0/436	123	113

همانگونه که در جدول بالا قابل مشاهده است دانسیته تاثیر بسیار زیادی بر روی میزان ذخیره سازی دارد، و نمونه با دانسیته بالاتر علی رقم پایین تر بودن ذخیره سازی برحسب  $\text{mmol.g}^{-1}$  مقدار بیشتری گاز متان را برحسب  $V/V$  ذخیره سازی می نماید. در صورت استفاده از روش های دیگر فشرده سازی، به عنوان مثال با افزایش فشار در حین فشرده سازی، با بالاتر بردن دانسیته می توان به مقدار ذخیره سازی به مراتب بالاتر از این ارقام نیز دست یافت. از آنجا که نمونه های تهیه شده در دمای  $790^\circ\text{C}$  دانسته و سطح بسیار پایینی داشتند می توان گفت دمای  $730^\circ\text{C}$  مناسب ترین دمای فعال سازی می باشد. در مطالعات قبلی [1,22,15,13,26] مشاهده می شود که فعال سازی تا دماهای حدود  $800^\circ\text{C}$  موجب افزایش سطح ویژه گردیده است ولی در اینجا فعال سازی در دمای بالا ( $790^\circ\text{C}$ ) موجب کاهش سطح ویژه و دانسیته گردید که به طبع این نمونه ها ذخیره مناسبی نخواهند داشت و این امر به دلیل اختلاف در ماده اولیه می باشد. بدین صورت که هرچقدر میزان کربن در ماده اولیه بیشتر باشد فعال سازی در دمای بالاتر موجب افزایش سطح ویژه می گردد. بنابر این ماده اولیه در تهیه کربن فعال نقش بسیار حیاتی را ایفا می نماید.

#### 4- نتیجه گیری

با توجه به آزمایشات انجام گرفته می توان این گونه نتیجه گرفت که کربن های فعال شده با KOH، دارای سطح ویژه و حجم روزه های مناسبی جهت ذخیره سازی متان می باشند. علاوه بر حجم روزه های مناسب، بالا بودن دانسیته کربن فعال در کاربرد آن جهت ذخیره سازی متان در حجم محدود نیز نقشی بسیار حیاتی را دارا می باشد. در این تحقیق تأثیر دانسیته کربن فعال به عنوان یک پارامتر بسیار مهم بر میزان ذخیره سازی به وضوح مشاهده گردید. در صورت استفاده از روش های دیگر فشرده سازی، با بالاتر بردن دانسیته می توان به مقدار ذخیره سازی به مراتب بالاتر از این ارقام نیز دست یافت که موضوع مطالعه بعدی می باشد. ضمناً مقدار گاز قابل دفع در حدود 10% کمتر از گاز جذب شده می باشد. بیشترین مقدار جذب و دفع گاز مربوط به نمونه AK217301 بوده که به ترتیب برابر  $139V/V$  و  $124V/V$  می باشد.

#### مراجع

- [1] A. Perrin, A. Celzard, A. Albinia, J. Kaczmarczyk, J.F. Mareche, G. Furdin, "NaOH activation of anthracites: effect of temperature on pore textures and methane storage ability", Carbon 42 (2004) 2855.
- [2] D.F. Quinn, J. A. MacDonald, "Natural Gas storage", Carbon 30 (1992) 1097.





- [3] Atlanta Gas Light Adsorbent Research Group (AGLARG). Report to US Department of Energy, Contract 466590; (1997).
- [4] C. Nguyen, A. Ahmadpour, D.D. DO, "Effect of gasifying agents on the characterization of Nutshell-derived Activated carbon", *Adsorption Sci. Tech.* 12 (1995) 247.
- [5] A. Ahmadpour, D.D. DO, "characterization of modified activated carbons: Equilibria and dynamic studies", *Carbon* 33 (1995) 1393.
- [6] A.M. Puziy, O.I. Poddubnaya, B. Gawdzik, M. Sobiesiak, M.M. Tsyba, "Phosphoric acid activation Functionalization and porosity modification", *Applied Surface Science* 253 (2007) 5736.
- [7] C. Almansa, M. Molina-Sabio, F. Rodriguez-Reinoso, "Adsorption of methane into ZnCl<sub>2</sub>-activated carbon derived discs", *Microporous and Mesoporous Mat.* 76 (2004) 185.
- [8] K. Wang, A. Ahmadpour, D.D. DO, "Equilibria Kinetics Characterization of two different Structured Nutshell-derived Activated Carbons", *Adsorption* 3 (1997) 267.
- [9] M. Molina-Sabio, C. Almansa, F. Rodriguez-Reinoso, "Phosphoric acid activated carbon discs for methane adsorption", *Carbon* 41 (2003) 2113.
- [10] A. Ahmadpour, D.D. DO, "The preparation of active carbons from coal by chemical and physical activation", *Carbon* 34 (1996) 471.
- [11] D.C.S. Azevedo, J.C.S. Araujo, M. Bastos-Neto, A.E.B. Torres, E.F. Jaguaribe, C.L. Cavalcante, "Microporous activated carbon prepared from coconut shells using chemical activation with zinc chloride", *Microporous and Mesoporous Mat.* 100 (2007) 361.
- [12] A. Ahmadpour, D.D. DO, "the preparation of activated carbon from Macadamia Nutshell by chemical activation", *Carbon* 35 (1997) 1723.
- [13] A. Perrin, A. Celzard, A. Albiniak, M. Jasienko-Halat, J.F. Mareche, G. Furdin, "NaOH activation of anthracites: effect of hydroxide content on pore textures and methane storage ability", *Microporous and Mesoporous Mat.* 81 (2005) 31.
- [14] A. Celzard, A. Albiniak, M. Jasienko-Halat, J.F. Mareche, G. Furdin, "Methane storage capacities and pore textures of active carbons undergoing mechanical densification", *Carbon* 43 (2005) 1990.
- [15] D. Lozano-Castello, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, D.F. Quinn, "Influence of pore size distribution on methane storage at relatively low pressure: preparation of activated carbon with optimum pore size", *Carbon* 40 (2002) 989.

- [16] M.A. Lillo-Rodenas, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, "Understanding chemical reactions between carbons and NaOH and KOH An insight into the chemical activation mechanism", *Carbon* 41 (2003) 267.
- [17] J. Diaz-Teran, D.M. Nevskaja, J.L.G. Fierro, A.J. Lopez-Peinado, A. Jerez, "Study of chemical activation process of a lignocellulosic material with KOH by XPS and XRD", *Micropors Mesopors Mat.* 60(1-3) (2003) 173.
- [18] G.H. Oh, C.R. Park, "KOH activation mechanism of carbon", *Proceedings of Carbon 03, International Conference, Oviedo, Spain; 6–10 July (2003)*.
- [19] M.A. Lillo-Rodenas, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, "Understanding chemical reactions between carbons and NaOH and KOH: an insight into the chemical activation mechanism", *Carbon* 41(2) (2003) 267.
- [20] M.A. Lillo-Rodenas, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, F. Beguin, C. Clinard, J.N. Rouzaud, "HRTEM study of activated carbons prepared by alkali hydroxide activations of anthracite", *Carbon* 42(7) (2004) 1299.
- [21] M.A. Lillo-Rodenas, J. Juan-Juan, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, "About reactions occurring during chemical activation with hydroxides", *Carbon* 42 (2004) 1365.
- [22] P. Nowicki, R. Pietrzak, H. Wachowska, "Siberian anthracite as a precursor material for microporous activated carbons", *Fuel* 87 (2008) 2037.
- [23] M.A. Lillo-Rodenas, D. Lozano-Castello, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, "Preparation of activated carbons from Spanish anthracite II. Activation by NaOH", *Carbon* 39 (2001) 751.
- [24] D. Lozano-Castello, J. Alcaniz-Monge, M.A. de la Casa-Lillo, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, "Advances in the study of methane storage in porous carbonaceous materials", *Fuel* 81 (2002) 1777.
- [25] S. Biloe, V. Goetz, A. Guillot, "Optimal design of an activated carbon for an adsorbed natural gas storage system", *Carbon* 40 (2002) 1295.
- [26] D. Lozano-Castello, M.A. Lillo-Rodenas, D. Cazorla-Amoros, A. Linares-Solano, "Preparation of activated carbons from Spanish anthracite I. Activation by KOH", *Carbon* 39 (2001) 741.



## Preparation of KOH activated anthracite from Tabbas coal for natural gas storage

Hamed Rashidi<sup>1</sup>, Ali Ahmadpour<sup>1</sup>, AliAyati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, I.R. Iran  
Email: [hamed\\_rsh2003@yahoo.com](mailto:hamed_rsh2003@yahoo.com)

### Abstract

In the present work, local Iranian anthracite was activated using potassium hydroxide and methane storage ability of them was studied. High Specific volumes (micro and mesoporosity) and densities are two vital characters for storing appropriate amount of natural gas. Three chemical to coal ratios ( $R=2, 2.5, 3$ ) and two activation temperatures ( $670, 730^{\circ}\text{C}$ ) at 1hr pyrolysis time were studied. Also the samples were made at  $790^{\circ}\text{C}$  but due to very low surface area and densities, further characterization tests have not been performed for these samples. Prepared KOH activated carbons with this method have high micropore volumes. The highest methane storage was obtained for a sample with  $R=2$  and activated at  $730^{\circ}\text{C}$  (AK217301). The highest methane storage was obtained for sample with  $R=2$  and activated at  $730^{\circ}\text{C}$  (AK217301). The stored and delivered methane for this sample was 139 and 124 V/V, respectively.

**Keywords:** Methane storage, Activated carbon, KOH, chemical ratio, temperature.