

# بررسی عملکرد جاذب کربنی به دست آمده از رزین تبادل یونی زائد در جذب سطحی پلی آروماتیک هیدروکربن ها ( PAHs )

رضا بهمن زاده<sup>۱</sup>، محمد صدیق مرتضوی<sup>۲</sup>، محسن دهقانی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، شرکت مدیریت تولید برق خلیج فارس؛ reza\_bahman59@yahoo.com

<sup>۲</sup> دکتری شیمی، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان؛ seddig43@gmail.com

<sup>۳</sup> دکتری محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس؛ dehghani933@gmail.com

## چکیده

پلی آروماتیک هیدروکربن ها (PAHs)، آلاینده های زیست محیطی شایع شده ای هستند که می توانند مسبب مشکلات بسیار جدی بر روی سلامتی و اثرات ژنتیکی در انسانها شوند. مقدار رزین های تبادل یونی زائد در حال افزایش است، بنابراین روش موثری در جهت کاهش دادن حجم رزین های زائد مورد نیاز است. در این تحقیق، یک جاذب کربنی (CR-1) از طریق فرآیندهای کربوناسیون و فعالسازی از رزین تبادل یونی کاتیونی زائد به دست آمده است. فرآیند کربوناسیون رزین در محدوده دمایی  $750^{\circ}\text{C}$  به مدت ۳۰ دقیقه انجام شده است. فرآیند فعالسازی زغال در محدوده دمایی  $850^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱۸۰ دقیقه با استفاده از گاز  $\text{CO}_2$  انجام شده است. این مواد جاذب ساختارهای تخلخل مختلطی را نشان می دهند که بیشتر در محدوده های میکرو- و مزو تخلخل است. نفتالین به عنوان یک مدل ترکیبی جهت امتحان کردن اثرات جذب برای حذف PAHs از محلول آبی به وسیله CR-1 انتخاب شده است. مدل ایزوترمی مانند مدل لانگمویر به منظور مناسب بودن داده های تجربی امتحان شد. تئوری لانگمویر جهت توضیح دادن فرآیند جذب سطحی نفتالین بوسیله CR-1 مفید می باشد.

**کلمات کلیدی:** رزین تبادل یونی زائد، کربوناسیون، فعالسازی، جاذب، نفتالین.

تاریخ ارسال: ۱۳۹۲/۹/۹

تاریخ پذیرش:

نام نویسنده مسئول: رضا بهمن زاده

نشانی نویسنده مسئول: بندرعباس، شرکت مدیریت تولید برق خلیج فارس

## ۱- مقدمه

مقدار رزین های تبادل یونی زائد در حال افزایش است. بنابراین روشی موثر به منظور کاهش حجم رزین های زائد، مورد نیاز می باشد. [۱ و ۲]

رزین های تبادل یونی زائد بخصوص آنهائیکه مکرراً در بسیاری از فرآیندهای نیروگاهی به عنوان زائده ذخیره می شوند، را می توان برای تولید اکتیو کربن هایی استفاده نمود که ممکن است اهمیت اکولوژیکی و اقتصادی بسیار زیادی داشته باشند. کربن اکتیوهای که از رزین های تبادل یونی زائد تهیه می شوند می تواند برای اهداف مختلفی از جمله پاکسازی نمونه آب فاضلاب، از بین بردن پلی آروماتیک هیدروکربن ها (PAHs) از محلول های آبی، از بین بردن آلودگی های ترکیبات آلی مانند بعضی از حلال های قطبی و غیر قطبی و از بین بردن بعضی از کاتیونهای فلزی از نمونه فاضلاب استفاده نمود. [۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷]

پلی آروماتیک هیدروکربن ها (PAHs) از خانواده مهم آلوده کننده های محیط زیست هستند که مستعد واکنش با DNA و ایجاد بیماریهای متوزنیک (جهش ژنی) و سرطان زایی هستند. به دلیل پایداری و قابلیت تجزیه بیولوژیکی ناچیز PAHs، همچنین به دلیل اینکه میزان حلالیت آنها کاملاً پایین است و معمولاً با افزایش وزن مولکولی آنها حلالیت آنها هم کاهش می یابد. آنها می توانند برای مدت زمانهای طولانی به محیط زیست وارد شوند و رویهم انباشته شوند. بنابراین لزوم توجه فوری، جهت تصفیه موثر PAHs مورد نیاز است. [۳]

رزین های تبادل یونی اساساً به منظور تقطیر آب مورد نیاز بویلر، تصفیه فاضلاب و جداسازی فلز از محلول های آبی و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. به طور کلی آنها پس از چند سال از بهره برداری شان، زائد می شوند و عملاً غیر قابل تجزیه در محیط زیست هستند. مقدار رزین های تبادل زائد به خاطر توسعه سریع اقتصادی در حال افزایش است. بنابراین، روش موثر جهت تصفیه و کاربرد رزین زائد مورد نیاز است. رزین های پلیمری پیدا شده اند که مناسب تولید ماده ای از اکتیو کربن ها هستند به خاطر راندمان بالای کربن و میزان خاکستر پایین آنها. [۳ و ۴]

## ۲- فرسایش و آلودگی رزین

در طی سرویس که رزین ها به تدریج اشباع می شوند، یون های مختلفی در داخل شبکه رزین جایگزین می شوند. بنابراین شبکه رزین برای پذیرفتن این یون ها مجبور به انبساط و انقباض می شود.

هرچه ظرفیت تعویض یونی رزین بیشتر باشد، این تغییر حجم در شبکه بیشتر خواهد بود. این تغییرات حجم موجب تنش در داخل شبکه رزین می گردد که در نهایت باعث فرسایش بعضی از دانه ای رزین می شود. علاوه بر این در طی فرآیند احیا، دانه های رزین در داخل بستر شناور شده و بالا و پایین می روند. این اختلاف فشار در طول ستون رزین باعث شکستگی بعضی از رزین ها شده و در نتیجه رزین ها به صورت دانه های ریزتری در می آیند. از جمله عواملی که سبب فرسایش و آلودگی رزین می شود را می توان به موارد زیر اشاره کرد: [۸]

دمای کارکرد رزین، آلودگی رزین به مواد آلی، نگهداری و انبار کردن رزین، آلودگی آهن، کلر آزاد، مواد معلق و رنگ.

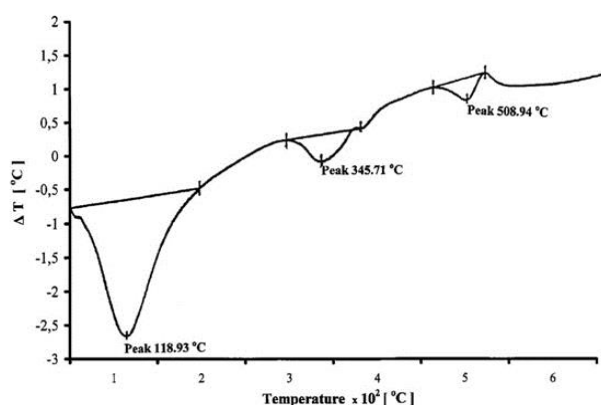
## ۳- آنالیز و آماده سازی اولیه رزین زائد

رزین تبادل یونی که در محیط کار ما مورد استفاده از نوع رزین سولفونیک AMBERLITE IR-120 ساخت شرکت ROHM & HAAS می باشد دارای شکل کروی (با قطر 0.63 - 0.80 mm)، پایه رزین پلی استایرن با گروه های سولفو اسیدی به عنوان محل های قابلیت تبادل یونی بود. رزین های زائد، دانه های قهوه ای رنگ که دارای میکرو استحکام بالایی ( $R_1=97.4\%$ ) و با سطح دانه هایی صاف و شکاف (ترک) دار بودند. [۶]

میکرو استحکام نمونه با استفاده از الک های استاندارد (توری های سیمی با اندازه مشخص و استاندارد) با اندازه 0.350 mm بررسی شدند، به طوریکه مقدار شکست از طریق آنالیز غربال گیری تعیین شدند، نمونه به طور مکانیکی تکان داده شد و قسمت های  $0.350\text{ mm} <$  و  $0.350\text{ mm} >$  تفکیک و وزن شدند. درصد وزن قسمت باقیمانده در غربال 0.350 mm به عنوان میکرو استحکام ( $R_1$ ) ثبت شد، و سهم بخش عبور کرده  $0.350\text{ mm} <$  به عنوان قابلیت سائیدگی ( $R_2$ ) ثبت شد. اندازه دانه نمونه ها دوباره تعدیل شد. رزین تبادل یونی زائد را درون یک ستون جمع آوری می کنیم. در مرحله اول در بستری از حجم های 10 لیتر و با استفاده از اسید HCl 1 نرمال آن را تصفیه می کنیم و سپس بوسیله آب دو بار تقطیر آن را شستشو می دهیم تا اینکه محلول شستشو شود و به یک مقدار pH خنثی دست پیدا کند. [۲ و ۹]

#### ۴- پیرولیز رزین

پیرولیز رزین های مورد نظر را درون کوره ای با قابلیت برنامه ریزی دمایی در محدوده دمایی حدود 750 °C به مدت 30 دقیقه با جریان دمایی کنترل شده (افزایش تدریجی دما، به ازای 6 °C/min) در شرایط بدون اکسیژن و با تزریق نیتروژن انجام می دهیم. [۱۲ و ۱۳] و [۱۰ و ۱۱] آنالیز حرارتی دیفرانسیلی رزین زائد نشان داد که در طی فرآیند حرارت دادن، رطوبت نمایان شده همراه با اثر درون گرمایی آزاد شده است. (نمودار ۴-۱). و این در حداقل دمای 119 °C نمایان شده است. در درجه حرارت بیشتر، تجزیه مواد آلی با اثر درون گرمایی کوچکی در محدوده دمایی 310-390 °C و 480-530 °C وجود دارد. کمترین آنها در 346 °C و 509 °C اتفاق می افتد. [۱۴]



نمودار (۴-۱) - نمودار آنالیز حرارتی رزین زائد [۱۴]

تجزیه در دمای 310 - 390 °C به دپلمیریزاسیون ساختارهای پلی استایرن - دی وینیل بنزن موجود در رزین نسبت داده می شود، که با پدیده دسولفوناسیون در ارتباط است. مرحله سوم درون گرمایی در دمای حداقل 509 °C اتفاق می افتد که به تجزیه و تخریب ساختارهای پلی استایرن و دی وینیل بنزن نسبت داده می شود. در همه دماهای کربوناسیون رزین (500 - 850 °C)، یک زغال کروی شکل سیاه رنگ، سخت (صلب)، یک قسمت مایع (شامل آب و روغن Pyrolytic) و یک گاز با بوی تندی به وجود می آید. [۱۷ و ۱۶ و ۱۵ و ۱۴ و ۱۶]

#### ۵- فعالسازی رزین

زغالهای به دست آمده درون یک کوره کوارتزی با استفاده از دی اکسید کربن CO<sub>2</sub> به عنوان یک فعال کننده، فعال می شوند. در فرآیند کربوناسیون، نمونه ها به طور مداوم تا دمای 750 °C به ازای هر 6 °C/min در یک شرایطی که از نیتروژن اتمسفری اکسیژن زدایی شده گرم می شوند. در 750 °C جریان نیتروژن متوقف می شود و CO<sub>2</sub> وارد می شود. [۱۸ و ۱۳] فعالسازی به مدت 180 min در دمای 850 °C انجام می شود و سپس سیستم واکنش درون یک نیتروژن اتمسفری تا درجه حرارت اتاق سرد می شود. کربن های فعالسازی شده (با قطر 0.5-0.8mm) به ترتیب با 0.5N HCl و آب مقطر شستشو داده می شوند. به منظور حذف بعضی از خاکسترها و تکه های تجزیه شده، در دمای 110 °C به مدت 24 h خشک می شوند. رزین فعال سازی شده را با نام CR-1 می شناسیم. [۱۹ و ۲۰]

#### ۶- جذب سطحی PAHs از طریق جاذب کربنی بدست آمده از رزین تبادل یونی زائد

درمقایسه با دیگر انواع PAHs، نفتالین، ساده ترین PAH می باشد که دارای سمیت کمتر است و به آسانی در محیط زیست یافت می شود. بنابراین، اختیار و انتخاب نفتالین به عنوان یک ترکیب هدف در اینجا، می تواند اطلاعات مفیدی را فراهم کند نه فقط از نظر تصفیه نفتالین بلکه به منظور بررسی رفتار PAHs پیچیده دیگر. هدف، تحقیق و بررسی امکان پذیر بودن استفاده از CR-1 جهت حذف نفتالین از محیط های آبی است. مشخصات جذب سطحی نفتالین از طریق CR-1 بوسیله مدل ایزوترمی Langmuir ارزیابی شده است. برای محاسبه غلظت های تعادلی از منحنی کالیبراسیون جذب در برابر غلظت استفاده می شود. مقدار ماده جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در حالت تعادلی با استفاده از معادله (۶-۱) بدست می آید: [۳]

$$q_e = \frac{(C_i - C_e)V}{m} \quad (1)$$

$q_e$  مقدار جذب شونده بر روی جاذب ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )،  $V$  حجم محلول (L)،  $m$  مقدار جاذب (g)،  $C_i$  و  $C_e$  به ترتیب غلظت اولیه و تعادلی حل شده در محلول بر حسب ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ).

## ۷- نتایج آنالیز مستقیم

از جدول (۷-۱) می‌تواند دیده شود که رزین زائد دارای مواد با قابلیت فراریت بالا و محتوی مقدار کربن ثابت شده بالایی است، در حالیکه محتوی خاکستر بالایی نیست، که این خود می‌تواند برای آماده سازی بیشتر جهت ساخت اکتیو کربن مناسب باشد.

جدول (۷-۱) - نتایج آنالیز مستقیم رزین زائد، زغال کربنی و کربن فعالسازی شده

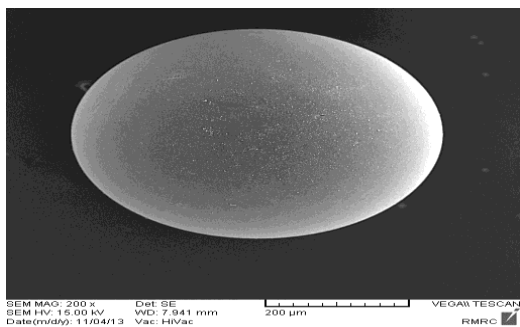
	Waste Resin	CR	Activated Carbon (CR-1)
Moisture %	17.6	0.4	3.2
Ash (db) <sup>1</sup> %	19.3	50.2	52.3
Volatile matter (db) %	54	6.3	4.2
Fixed carbon (db) %	46	93.7	85.4

<sup>1</sup> db-dry basis

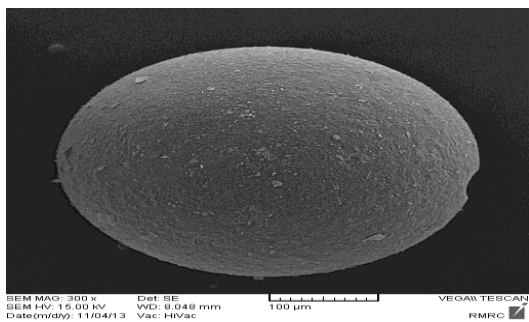
فرآیند کربوناسیون رزین زائد، کاهش در میزان رطوبت و مقدار فراریت ماده را نتیجه می‌دهد، میکرواستحکام دانه های زغالی رزین زائد، اندکی با افزایش دمای کربوناسیون افزایش می‌یابد. محصولات فعالسازی دارای میکرواستحکام کمتری نسبت به زغال ها هستند که علت آن شکاف در دانه ها می باشد.

## ۸- نتایج آنالیز SEM

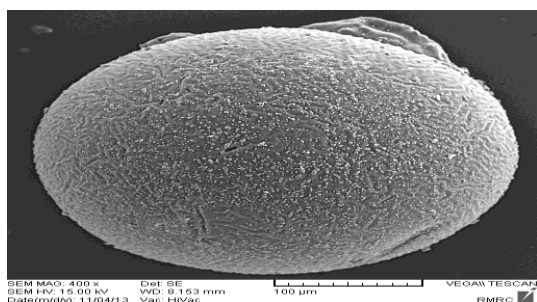
محصولات فعالسازی که از زغال هایی که در دمای 750°C به دست آمدند یک ترکیب دانه بندی مشابهی دارند. اجزاء خرد شده در سطح دانه های محصولات فعالسازی زغال رزینی مشاهده می شود. بعضی مواقع، شکاف در سطح، در بین ذره و همچنین درون ذره ظاهر می شود. سطح رزین، قبل از فعالسازی نمای صافی دارد، و ذرات در شکل شان باقی مانده است. شکل (۸-۱) و (۸-۴). به عبارتی دیگر، شکاف و درز روی سطح رزین ها، بعد از فعالسازی همراه با گاز تزریقی ظاهر می شود. در مقایسه با حالت اولیه، ذرات رزینی چندین شکاف دارند. بیشتر ذرات به دلیل تبخیر سریع از داخل رزین ها تجزیه می شوند. تجزیه سبب کاهش بزرگی در وزن و حجم می شود شکل (۸-۲)، (۸-۳) و (۸-۵).



شکل (۸-۱) - تصویر SEM رزین زائد در مقیاس 200µm

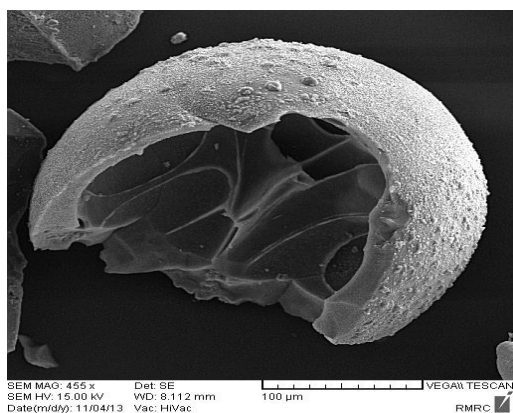


a



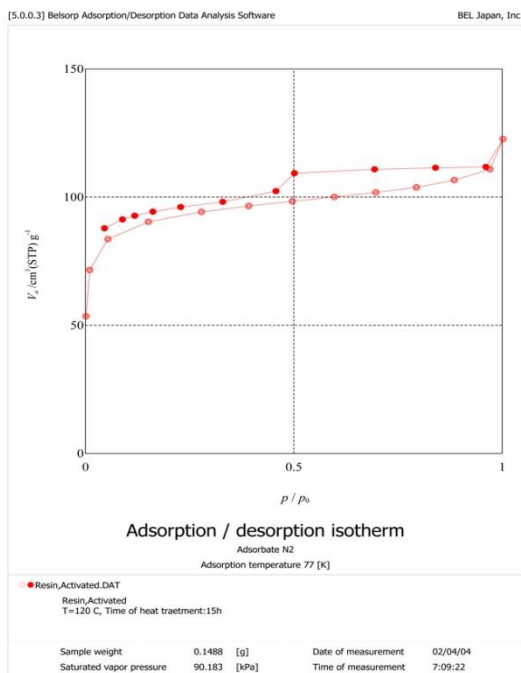
b

شکل (۸-۲) - تصویر SEM کربن رزینی (a) و CR-1 (b) در مقیاس 100µm



شکل (۸-۳) - تصویر SEM CR-1، به صورت مقطع برشی در مقیاس 100µm

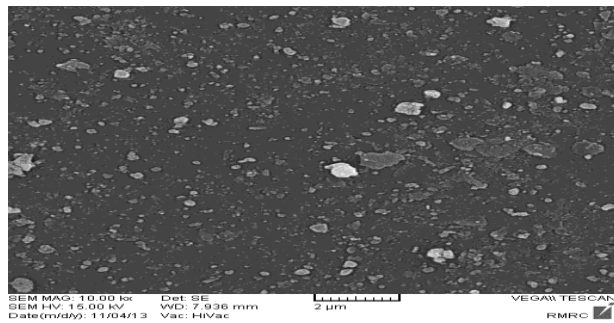
IUPAC مربوط به نوعی از مواد میکرو منفذ است و این ایزوترم یک hysteresis مربوط به مشخصات مزو روزنه را نشان می دهد . از این رو ، قسمت ابتدایی ایزوترم جذب سطحی در فشارنسبی پایین تر (  $P/P_0$  ) است ، در حالیکه قله نیتروژن به سرعت افزایش می یابد با افزایش فشار نسبی ، که نشاندهنده پرشدن میکرو روزنه است . شیب ملایم و مسطح در فشارهای نسبی بالاتر به دلیل جذب سطحی چند لایه در سطح مزو روزنه و ماکرو روزنه هاست .



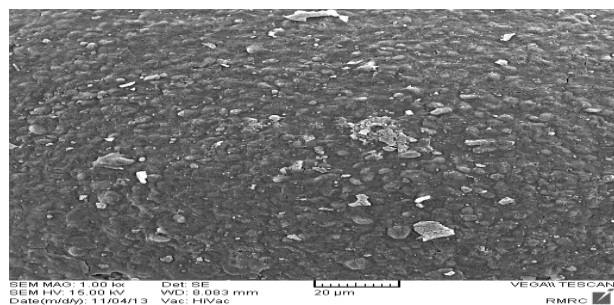
نمودار (۱-۹) - ایزوترم جذب-واجذب  $N_2$  در دمای 77 K از CR-1

## ۹-۲. توزیع اندازه تخلخل

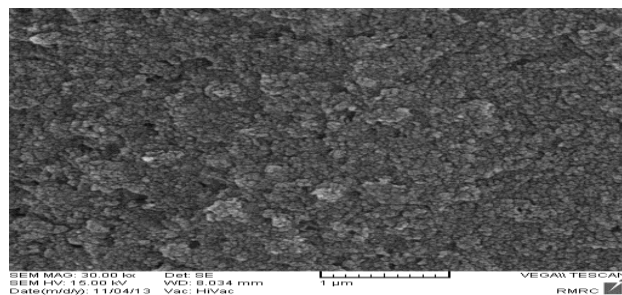
نمودار (۲-۹) توزیع اندازه تخلخل های به دست آمده از نمونه CR-1 مطابق با روش BJH را نشان می دهد . از روی نمودارها می توان مشاهده کرد که CR-1 اساساً یک توزیع یکنواختی با اکثریت تخلخل هایی در اندازه بین  $r = 0.3$  و  $r = 2$  nm دارد . اندازه مولکول نفتالین مقداری در حدود  $r = 0.31$  nm دارد ، بنابراین CR-1 ، می بایست مواد مناسبی جهت جذب سطحی نفتالین باشند .



شکل (۴-۸) - تصویر SEM رزین زائد در مقیاس 2μm



a



b

شکل (۵-۸) - تصویر SEM کربن رزینی (a) و CR-1 (b) در مقیاس 1μm

## ۹- نتایج آنالیز تخلخل سنجی

### ۹-۱. ایزوترم جذب - واجذب نیتروژن

ایزوترم های جذب سطحی - واجذب نیتروژن با استفاده از یک دستگاه مدل Belsorp mini II ( ساخت شرکت ژاپنی BEL Japan ) در دمای 77°k اندازه گیری شد . حجم کل تخلخل ها از روی مایعی از نیتروژن در یک فشار نسبی حدود 0.990 ارزیابی شد . ایزوترم های جذب سطحی - واجذب  $N_2$  در دمای 77°k از نمونه CR-1 ، در نمودارهای (۱-۹) نشان داده شده است . نمودار (۱-۹) نشان دهنده این است که ایزوترم جذب سطحی نزدیک به نوع I طبقه بندی

فعالسازی، فلزات مانع شونده و نمکهای فلزی موجود در رزین زائد هستند، محصولات فعالسازی به دست آمده از رزین زائد با محلول اسید HCl 0.5 N، به مدت 2h تکان داده شدند، و سپس آنها با آب مقطر شستشو داده شدند تا اینکه تخریب یونهای کلراید اتفاق بیافتد، سپس در دمای 110°C به مدت 24h خشک شدند. شستشوی محصولات فعالسازی از رزین زائد مسبب انبساط حجم اشغال شده در الترامیکروحفرة ها و مزوحفره ها می شود.

## ۱۰- نتایج ایزوترم جذب نفتالین

ایزوترم های تعادلی جذب سطحی نفتالین از یک محلول آبی با استفاده از CR-1 در دمای 288°k در نمودار (۱-۱۰) نمایش داده شده است. همراه با وسعت افزایش جذب سطحی، غلظت تعادلی جذب شده در محلول آبی افزایش یافته است. به علاوه همه ایزوترم های جذب سطحی نزدیک به نوع I طبقه بندی IUPAC هستند. بنابراین جذب سطحی اساساً در منطقه و ناحیه ای از میکرو روزنه ها بوجود می آید که در آن ناحیه اندازه جذب سطحی، شبیه آندسته از نفتالین است.

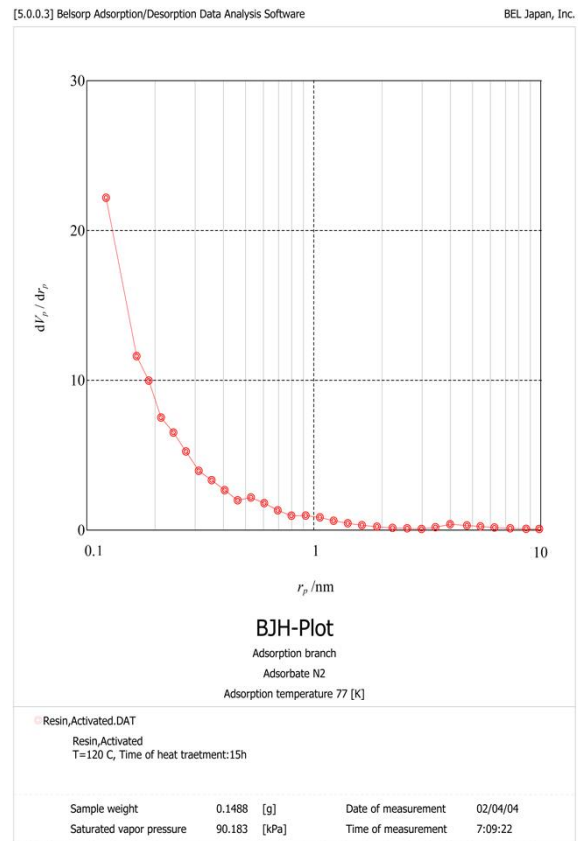
### ۱-۱۰. مدل لانگمویر

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{1}{q_m} C_e \quad (2)$$

در معادله (۲)،  $q_e$  مقدار میلی گرم ماده جذب شده به ازای واحد جرم جاذب در شرایط تعادل ( $\text{mg.g}^{-1}$ )،  $C_e$  غلظت حل شده در لحظه تعادل ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) و مقادیر  $b$  و  $q_m$  دو پارامتر این مدل می باشند که به ترتیب نشان دهنده انرژی جذب ( $\text{L.mg}^{-1}$ ) و حداکثر ظرفیت جذب ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) می باشند.

در ایزوترم لانگمویر با رسم نمودار خطی  $C_e/q_e$  بر حسب  $C_e$  می توان ثابت های آن را محاسبه نمود، شیب این نمودار  $1/q_m b$  و عرض از مبدا آن  $1/q_m b$  خواهد بود. [۲۰]

محلولی با غلظت 100 mg/L از نفتالین تهیه کرده و سپس با رقیق کردن توسط حلال هگزان نرمال محلول هایی با غلظت های 0.7, 1, 3, 5, 7 mg/L تهیه می کنیم سپس ماکزیمم جذب محلول های مذکور را با دستگاه اسپکتروسکوپی UV/VIS (GENWAY 7315 مدل) مشاهده می کنیم و در ادامه 0.01 گرم CR-1 به 10 میلی لیتر از هر یک از غلظت های ساخته شده می افزاییم و محلول ها را گذاشته تا



### نمودار (۹-۲) - توزیع اندازه تخلخل به روش BJH در CR-1

حجم های میکروحفرة و مزوحفره ها در زغالها نسبتاً کوچک هستند، سهم حجم حفره ها در زغال هایی که در دمای 850°C به دست آمده کمتر از آندسته از زغالهایی است که در دمای 750°C به دست آمده است، و این بدین دلیل است که انقباض زغالی بیشتر و حفره های نزدیک به هم را نتیجه می دهد.

دمای کربوناسیون رزین دارای اثرات معنی داری در توسعه پیکربندی و وضعیت تخلخل محصول فعالسازی به دست آمده در شرایط ثابت، (دمای فعالسازی - 850°C، زمان 180min، CO<sub>2</sub>) می باشد. فرآیند فعالسازی زغالهای به دست آمده در دماهای بالاتر کربوناسیون (750°C)، انبساط ساختار موجود قبلی و نوع جدید بوجود آمده را نتیجه می دهد. در طول فعالسازی، در زغالی که در دمای 850°C آماده و مهیا می شود، انقباض تخلخل (کاهش حجم تخلخل) مجزا از انبساط تخلخل های موجود قبلی ممکن است مشاهده بشود و آن می تواند به این دلیل باشد که ساختار تخلخل هایی که در طول فرآیند کربوناسیون تشکیل شدند، ساختار تخلخل هایی که در فرآیند فعالسازی رزین تبادل یونی زائد بوجود آمده اند را تحت تأثیر قرار می دهد. با فرض اینکه بعضی تخلخل ها در محصولات

اتفاق می افتد که همچنین ، باعث کاهش اندازه و میکرو استحکام دانه های کروی می شود . پس از واکنش با  $CO_2$  دانه های کروی شروع به خرد شدن و زوال در سطح می کند وهمچنین شیارهایی از سطح به سمت مرکز و نیز به سمت داخل به وجود می آید. حرارت دادن باعث کاهش سهم و تعداد الترامیکرو منفذ و افزایش در سهم و تعداد میکرومنفذ می شود . این مواد جاذب ساختارهای تخلخل مختلفی را نشان می دهند که بیشتر در محدوده های میکرو- و مزو تخلخل است .حجم تخلخل در محصولات فعالسازی اندکی بالاتر نسبت به زغالهاست . محصولات فعالسازی از رزین زائد محتوی میکرومنفذا و مزو منفذهای بیشتری نسبت به زغالها هستند . ایزوترم جذب سطحی به خوبی با مدل لانگمویر تناسب دارند ، و نمودار جذب سطحی در مقابل پتانسیل تعادلی در دمای 288 به طور کلی یک منحنی واحدی را حاصل می نماید ، با این فرض که دلیل پرشدن حفره در داخل CR-1 ، مکانیزم غالب جذب برای نفتالین است .

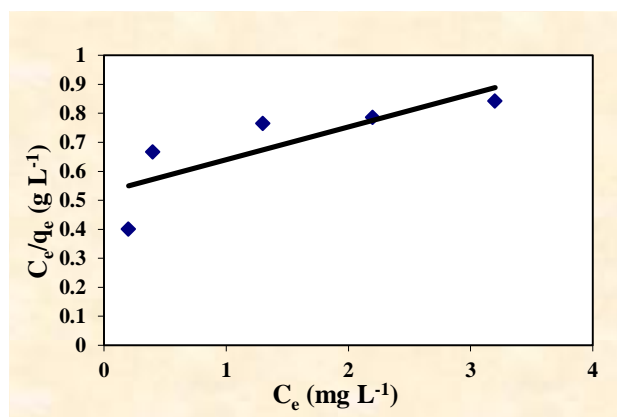
## مراجع

- [1] Nezu, A. Moro, k and Watanabe, T. "Thermal plasma treatment of waste ion exchange resins by  $CO_2$  injection", Thin solid films , vol.506-507, pp. 432-435, 2006.
- [2] Bratek ,W. Bratek, K and Kułazyński ,M." Properties and structure of spherical sorbents from waste ion exchange resin". Fuel processing technology ,vol. 81-2, pp.87-102, 2003.
- [3] Long, C. Lu, J . et al. " Adsorption of naphthalene onto the carbon adsorbent from waste ion exchange resin : Equilibrium and Kinetic characteristics". journal of hazardous materials , vol.150 , pp. 656-661, 2008.
- [4] Gun'ko ,V.M. Lebeda ,R . Skubiszewska ,J . Charmas ,B. Oleszczuk, P."Carbon adsorbents from waste ion-exchange resins".Carbon ,vol.43(6) , pp.1143-1150,2005.
- [5] Nezu, A. Morishima, T. Watanabe, T."Thermal plasma treatment of waste ion-exchange resins with metals".Thin solid films , vol.435 , pp.335-339,2003.
- [6] Bratek, K. Bratek, W and Kułazyński ,M. "Carbon adsorbents from waste ion-exchange resin" . Carbon ,vol. 40 ,pp. 2213-2220,2002 .
- [7] Bratek , W. Bratek ,K. Kułazyński, M."The utilization of waste ion exchange resin in environmental protection". Fuel processing technology, vol.77-78, pp.431-436, 2002.
- [8] چالکش امیری محمد ، اصول تصفیه آب . چاپ ششم . انتشارات ارکان اصفهان ، (۱۳۸۶) .

به تعادل برسند ومجددا جذب ماکزیمم غلظت های تعادلی را با دستگاه اسپکتروسکوپی جذبی می خوانیم نتایج داده های به دست آمده در جدول (۱-۱۰) آورده شده اند . در نمودار( ۲-۱۰) تطابق داده ها با مدل لانگمویر برای جذب نفتالین بر روی CR-1 در دمای  $288 \pm 1^\circ K$  نشان داده شده است .

(جدول ۱-۱۰) - غلظت های اولیه (در غیاب CR-1) و تعادلی (در حضور CR-1) نفتالین در ماکزیمم جذبهای مشاهده شده در دمای  $288 \pm 1^\circ K$

Ci (mg .L <sup>-1</sup> )	Ai	Ce (mg .L <sup>-1</sup> )	Ae	qe(mg .g <sup>-1</sup> )
0.7	0.131	0.2	0.1006	0.5
1	0.138	0.4	0.1092	0.6
3	0.203	1.3	0.1479	1.7
5	0.313	2.2	0.1866	2.8
7	0.4	3.2	0.2296	3.8



(نمودار ۲-۱۰) - تطابق داده ها با مدل لانگمویر برای جذب نفتالین بر روی CR-1 در دمای  $288 \pm 1^\circ K$

## ۱۱- نتیجه گیری

تصفیه حرارتی ، کاهش سریع و موثری را در وزن و حجم رزین های تبادل یونی زائد فراهم می سازد . رزین تبادل یونی زائد می تواند به عنوان یک ماده خام برای تولید اکتیو کربن بوسیله فرآیندهای کربوناسیون و فعالسازی استفاده بشود . حین کربنی شدن رزین تبادل یونی زائد گروه های سولفون تجزیه می شوند و ساختارهای پلی استایرن - دی وینیل بنزن دپلمریزه می شود . کربنی شدن باعث کاهش اندازه دانه های گرد مانند و میکرواستحکام آنها می شود. تجزیه بیشتر پلی استایرن و آزاد شدن گروه سولفون در طی فرآیند فعالسازی

- [9] Ragan ,M. Marsh, H.“*Carbonization and liquid-crystal development. Micro-strength and optical textures of cokes from coal-pitch co-carbonization*”. Fuel ,vol .60(6), pp.522–528 ,1981.
- [10] Figueiredo, J.L. Moulijn ,J.A.“*Carbon and coal gasification: science and technology*”. Springer,1986.
- [11] Huang , M.C.et al.“*Pore-size effects on activated-carbon capacities for volatile organic compound adsorption*”. AIChEjournal,vol.48(8),pp.1804-1810,2002.
- [12] Hayashi, J.i. et al. “*Activated carbon from chickpea husk by chemical activation with  $K_2CO_3$ : preparation and characterization*”. Microporous and Mesoporous Materials ,vol.55(1),pp.63-66,2002.
- [13] Jankowska , H. et al.“*Active carbon*”. Ellis Horwood New York ,1991.
- [14] Dubois ,HA. Dozol, JF. Nicotra, C. Serose,J. Massiani ,C.“*Pyrolysis on incineration of cationic and anionic ion-exchange resins: identification of volatile degradation compounds*”. J Anal Appl Pyrolysis ,vol.31,pp.129-140,1995.
- [15] Nakagawa H, Watanabe K, Harada Y, Miura K.“*Control of micropore formation in the carbonized ion-exchange resin by utilizing pillar effect*”.Carbon, vol.37(9) ,pp.1455–1461,1999.
- [16] Kočičík M , et al.“*Carbonization of bead-shaped polymers for application in adsorption and in composite membranes*”. Carbon ,vol.39(12), pp.1919-1928,2001.
- [17] Kyotani T.“*Control of pore structure in carbon*”. Carbon, vol.38(2),pp.269–286,2000.
- [18] Miura, K . et al.“*Production of porous carbon from ion exchange resin waste*”. Tanso ,vol.186, pp.25-29,1999.
- [19] Nezu, A. Moro ,k. Watanabe ,T. “*Thermal plasma treatment of waste ion exchange resins by  $CO_2$  injection*”. Thin solid films , vol.506-507 , pp.432-435,2006.
- [20] Hamdaoui ,O . Naffrechoux , E.“*Modeling of adsorption isotherms of phenol and chlorophenols onto granular activated carbon : Part i. Two-parameter models and equations allowing determination of thermodynamic parameters*”. Journal of hazardous materials, vol.147(1), pp.381-394,2007.