

گوگرد زدایی از ترکیبات آروماتیکی و گوگردی با استفاده از زئولیت Y

علی عبدالخانی⁽¹⁾ و * - سید موسی فخر حسینی⁽²⁾ - مجید داستانیان⁽³⁾
(1) امیدیه - باشگاه پژوهشگران جوان - دانشگاه آزاد اسلامی واحد

امیدیه

Abdolkhani_a@yahoo.com

(2) امیدیه - گروه مهندسی شیمی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه

(3) اصفهان - دانشکده فنی مهندسی دانشگاه اصفهان - گروه مهندسی

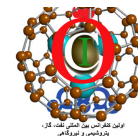
شیمی

چکیده

از آنجا که محدودیت های کشور های مختلف جهان برای پایین آوردن میزان گوگرد موجود در سوخت های حمل و نقل شدیدتر شده و می شود، جستجوی راه های دیگر فرایند مرسوم گوگرد زدایی هیدروژنی (HDS)، مطالعات متعددی را در مورد حذف ترکیبات گوگردی به خود جلب می کند. در این مقاله، مطالعات و آزمایش های در مورد حذف ترکیبات گوگردی تا سطوح قابل قبول با استفاده از فرایند جذب سطحی در دمای اتاق، انجام شد. زئولیت های Y که با یون های فلزی تعویض یونی شده اند، که قادر به کمپلکس سازی π هستند، مورد مطالعه قرار گرفته اند تا کارایی شان برای گوگرد زدایی برشهای نفتی مشخص شود. در این تحقیق، زئولیت Ni-Y را از زئولیت H-Y با استفاده از نیترات نیکل شش آبه با روش تعویض یون در حالت جامد (SSIE) انجام شد. که در آخر مشاهده شد که زئولیت Ni-Y گزینه پذیری بیشتری جهت حذف ترکیبات گوگردی از برشهای نفتی از سایر زئولیت ها را داشته است.

نتایج حاصل از این تحقیق، اهمیت وارد کردن فلزات واسطه در ساختار زئولیت جهت تقویت جذب ترکیبات حاوی آروماتیک و گوگرد در مخلوط های مایع آلی را نشان می

*عهده دار مکاتبات، باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه. +989387821598



دهد، که نوید رعایت استاندارد های محیطی در سوخت های حمل و نقل را نشان می دهد.

کلمات کلیدی : گوگرد زدایی- سوخت دیزل- برشهای نفتی - یون های اصلاح شده-زئولیت-Y جذب سطحی

1- مقدمه :

با افزایش تقاضا برای سوخت های فسیلی در دهه اخیر، کاهش میزان گوگرد موجود در سوخت های فسیلی مبدل به یکی از مهم ترین چالش های کنونی پالایشگاه ها شده است [1,2]. ترکیبات گوگردی موجود در سوخت های فسیلی مهم ترین عامل تولید کننده SO_x در هوا می باشند [3]. SO_x عمده ترین دلیل ریزش باران های اسیدی می باشد [4,5]. به همین دلیل کشورهای مختلف به فکر وضع نمودن قوانینی جهت کاهش میزان ترکیبات گوگردی موجود در سوخت های فسیلی افتادند. جداول (1) و (2) قوانین آمریکا (US EPA) را در مورد میزان گوگرد مجاز در بنزین و گازوئیل (جاده ای و غیر جاده ای) نشان می دهند [4]. در این استاندارد کاهش گوگرد به 30 ppm برای بنزین و 15 ppm برای گازوئیل، تا سال 2006 پیش بینی شده است. یکی دیگر از مشکلات پالایشگاه ها سنگین تر شدن نفت و افزایش میزان گوگرد موجود در آن، با افزایش استخراج نفت از مخازن نفتی می باشد. این درحالی است که قوانین مربوط به میزان مجاز گوگرد در برش های نفتی هر روز سخت تر می شود. این امر اهمیت موضوع و لزوم تحقیق بیشتر بر روی روش های کاهش ترکیبات گوگردی از سوخت های فسیلی را بیش از پیش نشان می دهد [4].

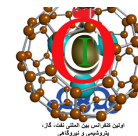
جدول (1) قوانین مربوط به میزان گوگرد مجاز در بنزین در آمریکا [4]

Category	سال 1988	سال 1995	سال 2004	سال 2005	سال 2006
Refinery average (ppmw)	(maximum)1000	ppm S)330 (<330	—	30	30
Corporate average (ppmw)			120	90	—
Per-gallon cap (ppmw)			300	300	80

جدول (2) قوانین مربوط به میزان گوگرد مجاز در گازوئیل در آمریکا [4]

Category	سال 1989	سال 1993	سال 2006	سال 2010
Highway diesel (ppmw)	(maximum)5000	500	15	15
Non-road diesel (ppmw)	20000	5000	500	15

در سال های اخیر تحقیقات بسیاری جهت کاهش میزان گوگرد موجود در سوخت های فسیلی تا نزدیک صفر انجام پذیرفته است، زیرا وجود حتی



مقادیر بسیار کم گوگرد در برش های نفتی باعث مسموم شدن کاتالیست های واحدهای بازیافت¹ پالایشگاه می شود [2].

2- ترکیبات گوگردی :

بطور کلی ترکیبات گوگردی متداول موجود در سوخت های فسیلی را می توان به صورت زیر دسته بندی نمود.

ترکیبات گوگردی موجود در بنزین

• مرکاپتان ها (RSH)، سولفیدها (R₂S) و دی سولفیدها (RSSR)

• تیوفن (T) و مشتقات آن

• بنزوتیوفن (BT)

ترکیبات گوگردی موجود در سوخت جت²

• بنزوتیوفن (BT) و مشتقات آلکیلی آن

ترکیبات گوگردی موجود در گازوئیل

• دی بنزوتیوفن (DBT) و مشتقات آلکیلی آن [4,5].

3- مروری بر مطالعات انجام شده بر روی زئولیت ها جهت گوگردزدایی :

در دهه گذشته، تحقیقات مختلفی جهت یافتن جاذب هایی با قدرت جذب و انتخابگری بالا بر روی اکسید فلزات، سولفید فلزات، فلزات کاهش یافته، زئولیت ها، کربن فعال و آلومینای فعال انجام شده است [6,7,8] که از آن میان مواد کربنی و زئولیتی کارایی بهتری از خود نشان داده اند [8].

کینگ³ و همکاران جهت جذب انتخابی ترکیبات تیوفنی از ZSM-5 استفاده کردند [9]. ZSM-5 بدلیل اندازه حفرات کوچک آن (5/2-5/6Å) توانایی جذب ترکیبات دارای بیش از یک حلقه مانند بنزوتیوفن را ندارد. بنابراین استفاده از جاذب های با اندازه حفرات بزرگتر مانند فوجاسیت ها مورد توجه قرار گرفته است [10,11].

یانگ⁴ و همکاران زئولیت Na-Y را که با Cu⁺ و Ag⁺ تبادل یون کرده بود جهت حذف ترکیبات گوگردی استفاده نمودند. آنها در این تحقیق برای اولین بار انتخابگری زئولیت ها جهت حذف ترکیبات گوگردی، را بر مبنای تشکیل پیوند⁵ π⁵ توجیه نمودند [12]. پس از آن، این گروه از فلزات دیگری مانند نیکل و روی و... نیز جهت اصلاح زئولیت های فوجاسیت برای گوگردزدایی از سوخت های مایع استفاده کردند. آنها با استفاده از زئولیت Cu(I)-Y توانستند میزان گوگرد موجود در برش های مختلف نفتی را تا زیر 1 ppm کاهش دهند [13,8].

در این تحقیق نیز حذف ترکیبات گوگردی از برش نفتی سبک با استفاده از زئولیت های اصلاح شده با فلزات واسطه مورد بررسی قرار گرفته شده است.

4- تاریخچه زئولیت ها :

1-4- زئولیت های طبیعی :

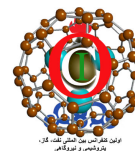
¹ Reforming Catalysts

² Jet Fuel

³ King

⁴ Yang

⁵ π-complexation



ژئولیتها برای اولین بار در سال 1756م توسط معدن شناس سوئدی، به نام کرونستد¹ کشف گردیدند. پس از آن و خصوصاً با پیشرفت تکنیک پراش اشعه X (XRD) تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفت. امروزه حدود 40 نوع ژئولیت طبیعی کشف شده اند. اکثر ژئولیت های طبیعی نسبت سیلیکا به آلومینای پایینی دارند.

کلینوپتیلولیت (HEU) و موردنیت² (MOR) دو ژئولیت طبیعی هستند که به طور گسترده جهت مصارف کشاورزی و نیز به عنوان جاذب مورد استفاده قرار می گیرند. فعالیت کاتالیستی ژئولیت های طبیعی به دلیل وجود ناخالصی و سطح ویژه اندک، پایین می باشد. برخی دیگر از ژئولیت های طبیعی مانند اوریونیت³ (ERI)، به دلیل سمی بودن چندان مورد استفاده قرار نمی گیرند [15].

5- مواد و روش های آزمایش :

5-1- خوراک :

در این تحقیق، گوگردزدایی از برش نفتی HSRG⁴ گرفته شده از برج اتمسفریک پالایشگاه نفت اصفهان که بیش از 50 درصد از کل بنزین خروجی پالایشگاه را تشکیل می دهد، مورد بررسی قرار گرفت. ترکیب درصد اجزاء موجود در HSRG مورد استفاده در این تحقیق در جدول (3) نشان داده شده است. این ترکیب درصد، در آزمایشگاه مرکزی پالایشگاه اصفهان و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) تعیین گردیده است.

جدول (3) ترکیب درصد اجزاء تشکیل دهنده HSRG

درصد	عدد کربن ⁵	درصد	توزیع کربن ⁶	
آروماتیکها	13/2	6	1/5	
		7	5/2	
		8	6/5	
پارافینها	55/9		iso	norma l
		5	1/9	—
		6	7/9	4/1
		7	9/1	10/2
		8	10/1	6/7
		9	3/3	2/6
نفتنها	30/8	5	0/9	
		6	3/7	
		7	8/8	
		8	11/3	
		9	5/0	
	10	1/1		
اولفینها	<0/1	—	—	

تغییر در ترکیب درصد اجزاء تشکیل دهنده HSRG در طول سال بسیار اندک و در حد دهم درصد می باشد. از این منظر HSRG یکی از

¹ Cronsted

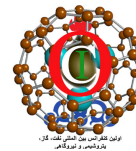
² Mordenite

³ Orionite

⁴ Heavy Straight Run Gasoline

⁵ Carbon Namber

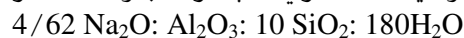
⁶ Carbon Distribution



پایدارترین ترکیبات پالایشگاه اصفهان می باشد. میزان کلی گوگرد موجود در این برش نفتی 140ppmw بود.

5-2- سنتز ژئولیت Na-Y :

برای تهیه ژئولیت Na-Y ، با نسبت مولی $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ برابر 2/43 از روش گزارش شده توسط گینتر [16] استفاده گردید. نسبت های مولی مورد استفاده در تهیه ژئولیت سنتزی عبارت بودند از:

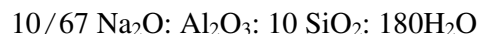


سنتز ژئولیت Na-Y شامل سه مرحله می باشد:

5-2-1- تهیه ژل هسته 1:

نسبت های مولی مورد استفاده در تهیه ژل هسته 1 عبارت بودند

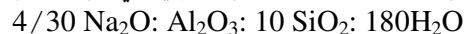
از:



برای تهیه این ژل ، هیدروکسید سدیم و سدیم آلومینات را توزین ، به آن آب اضافه کرده و هم میزنیم تا حل شده و محلول حاصل بیرنگ شود. نام این محلول را محلول (الف) میگذاریم. محلول سیلیکات سدیم را به محلول (الف) اضافه می کنیم.

5-2-2- تهیه ژل خوراک²:

نسبت های مولی مورد استفاده در تهیه ژل خوراک عبارت بودند از:



برای تهیه ژل خوراک، هیدروکسید سدیم و سدیم آلومینات را توزین و به آن آب اضافه کرده و بهم میزنیم تا حل شده و محلول حاصل بیرنگ شود. نام این محلول را (ب) میگذاریم.

محلول سیلیکات سدیم را به محلول (ب) اضافه می کنیم که بلافاصله محلول به صورت ژل در می آید.

مخلوط حاصله را در یک ظرف دربسته به مدت یک شبانه روز در دمای محیط به حال خود میگذاریم تا تبلور حول هسته ها شروع شود. پس از طی این مدت، ظرف حاوی ژئولیت را در آون میگذاریم تا فرآیند تبلور کامل شود. تغییر در شرایط دما و زمان سبب تشکیل ملکول های آمورف و ناخالص شدن ژئولیت می گردد.

پس از طی این مدت ، فرآیند تهیه ژئولیت کامل شده و ژئولیت حاصل در ته ظرف رسوب می کند که در این مرحله باید ژئولیت حاصله را از فاز آبی بالای آن جدا کرد. جهت جداسازی ژئولیت از فاز آبی، مخلوط این دو را سانتریفوژ³ می کنیم. پس از سانتریفوژ کردن، محلول آبی بالای ژئولیت را که کاملاً شفاف می باشد، دور می ریزیم. ژئولیت ته نشین شده در ته ظرف سانتریفوژ⁴ را صاف کرده و با آب مقطر شستشو می دهیم تا جایی که pH محلول زیر صافی به زیر 9 برسد.

ژئولیت حاصله را در آون حرارت می دهیم تا رطوبت خود را از دست داده و خشک شود.

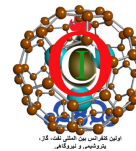
6- بحث و بررسی نتایج:

¹ Seed Gel

² Feed Stock Gel

³ Centrifuge

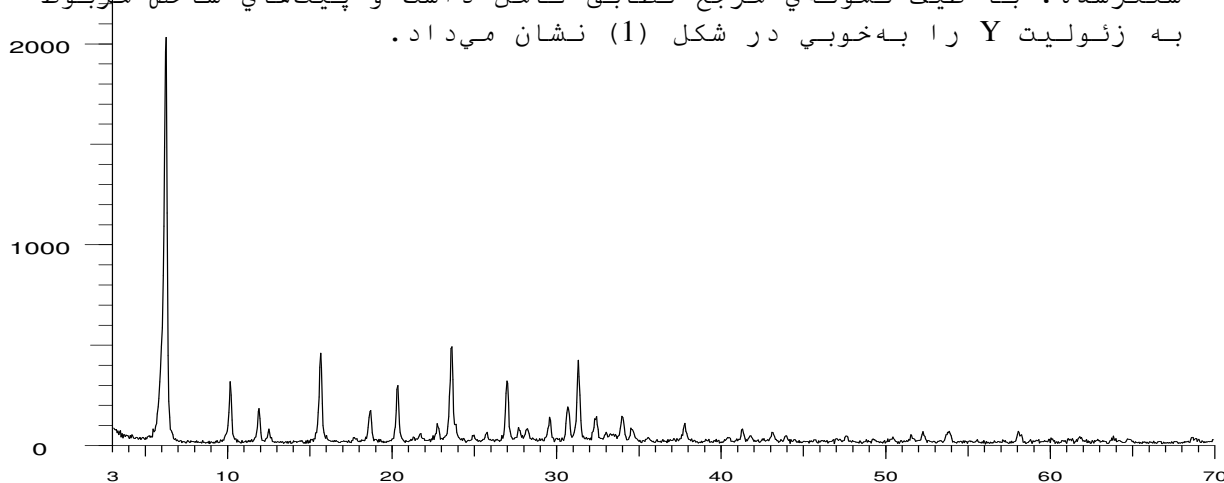
⁴ Centrifuge Cap



6-1- شناسایی زئولیت سنتز شده توسط پراش سنج اشعه X^1 (XRD) :

الگوهای پراش اشعه X (XRD) زئولیت Y ، توسط دستگاه پراش سنج پودری اشعه X مدل D8 Advance ساخت شرکت بروکر² آلمان تهیه شدند. این الگوها با استفاده از خط طیفی $CuK\alpha$ با طول موج 1/5406 آنگستروم و با صافی نیکل در محدوده پیمایشی زاویه 2θ بین 5 و 60 درجه به دست آمدند.

برای شناسایی نمونه سنتز شده، طیف XRD گرفته شده از نمونه سنتز شده با طیف XRD نمونه مرجع مقایسه گردید. طیف XRD نمونه سنتز شده، با طیف نمونه مرجع تطابق کامل داشت و پیکهای شاخص مربوط به زئولیت Y را به خوبی در شکل (1) نشان می داد.



شکل 1 : الگوهای پراش اشعه X (XRD) زئولیت Y

6-2- نشان دادن فلز بر روی زئولیت :

در قسمت قبل نحوه سنتز زئولیت $Na-Y$ توضیح داده شد. زئولیت $Na-Y$ به صورت طبیعی قدرت جذب کمی از ترکیبات گوگردی را دارد، به همین دلیل از شکل های اصلاح شده³ آن جهت فرآیند جذب استفاده می شود. جهت اصلاح زئولیت $Na-Y$ و بالا بردن قدرت جذب، از تعویض کاتیون های Na با کاتیون های فلزات واسطه استفاده می شود. در این تحقیق جهت تعویض یون از روش تعویض یون در حالت جامد (SSIE) استفاده شده است. جهت تعویض یون به روش SSIE باید فرم اسیدی زئولیت، یعنی زئولیت $H-Y$ را با نمک فلز و در دمای بالا در تماس قرار داد. جهت تبدیل زئولیت $Na-Y$ به زئولیت $H-Y$ از روش های متداول موجود در منابع استفاده شده است [17,18,19].

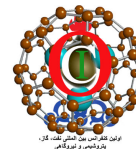
6-3- نشان دادن فلز بر روی زئولیت $H-Y$ با استفاده از روش تعویض یون در فاز جامد (SSIE) :

پس از تبدیل زئولیت $Na-Y$ به زئولیت $H-Y$ ، نوبت به نشان دادن فلز بر روی زئولیت می رسد که این عمل توسط واکنش شکل اسیدی زئولیت (زئولیت $H-Y$) با نیترات یا کلرید فلزات، در دمای بالا (حدود $500^\circ C$) انجام می شود. فلزات مورد استفاده در این تحقیق مشتمل بر

¹ X-Ray Diffractometer

² Bruker

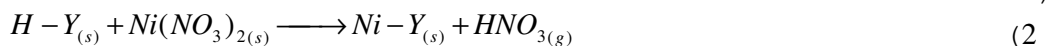
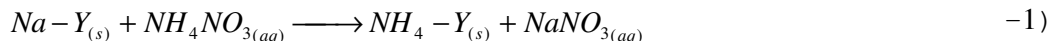
³ Modify Zeolite



فلزات نیکل، کبالت، مس و کادمیم می‌باشند. برای هر فلز، در ابتدا حداکثر مقدار فلز که بر روی سایت‌های فعال زئولیت می‌تواند بنشیند حساب گردد. حداکثر تعداد اتم‌های فلز برابر با تعداد اتم‌های آلومینیوم موجود در چارچوبه زئولیت بخش بر بار فلز می‌باشد. در این تحقیق، هر یک از فلزهای مورد نظر را با چهار مقدار که به ترتیب عبارتند از: 25، 50، 75 و 100 درصد حداکثر مقدار فلز، با زئولیت H-Y وارد واکنش می‌کنیم. جهت نشان دادن فلز بر روی زئولیت از روش‌های متداول موجود در منابع استفاده گردیده است [8,13,17].

6-4- نشان دادن فلز نیکل بر روی زئولیت H-Y :

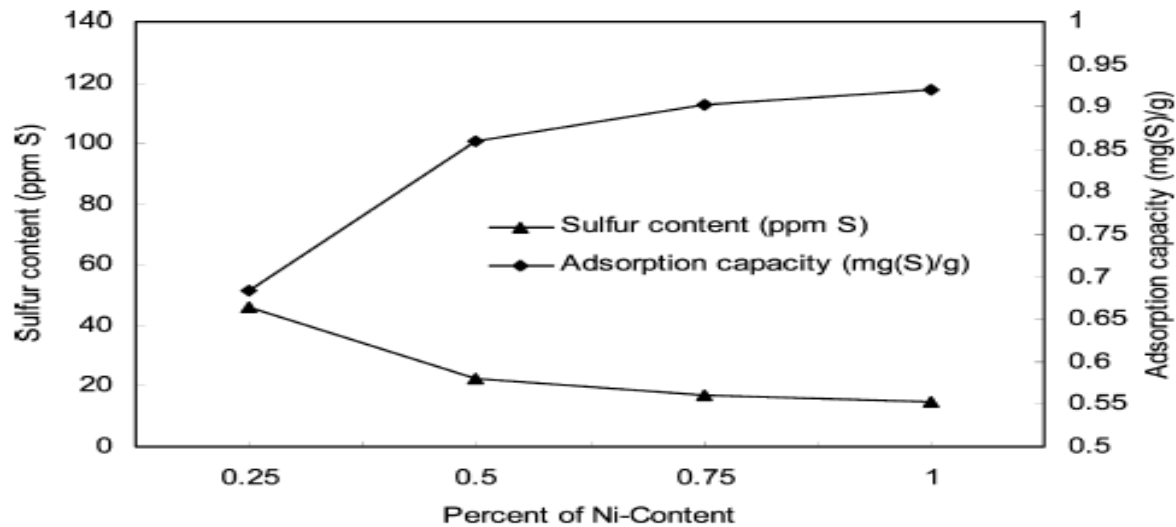
مقداری از زئولیت H-Y بدست آمده از مرحله قبل را به ترتیب با مقادیری از نیترات نیکل شش آبه مخلوط می‌کنیم تا زئولیت‌هایی با 25، 50، 75 و 100 درصد حداکثر مقدار نیکلی که می‌تواند وارد چارچوبه زئولیت شود بدست آید. زئولیت H-Y و نیترات نیکل را به صورت فیزیکی در یک بوته چینی کاملاً مخلوط می‌کنیم تا مخلوط حاصل کاملاً یکنواخت شود. مخلوط حاصله را در کوره قرار می‌دهیم تا مطابق با رابطه‌های (1-1 تا 3-1) واکنش انجام شود. زئولیت Ni(II)-Y حاصله را از کوره خارج و در دسیکاتور حاوی سیلیکاژل تا دمای محیط سرد می‌کنیم.



(1)

(3)

شکل 2 وابستگی جذب گوگرد با زئولیت Ni-Y که توسط واکنش تعویض یون در فاز جامد را نشان می‌دهد. با افزایش مقدار نیکل، جذب گوگرد افزایش می‌یابد. در ابتدا شیب منحنی به شدت افزایش می‌یابد و پس از آن شیب کمتر می‌شود. با افزایش مقدار نیکل، ظرفیت جذب گوگرد از 0.68 به 0.92 (mg گوگرد / g جاذب) افزایش یافت.



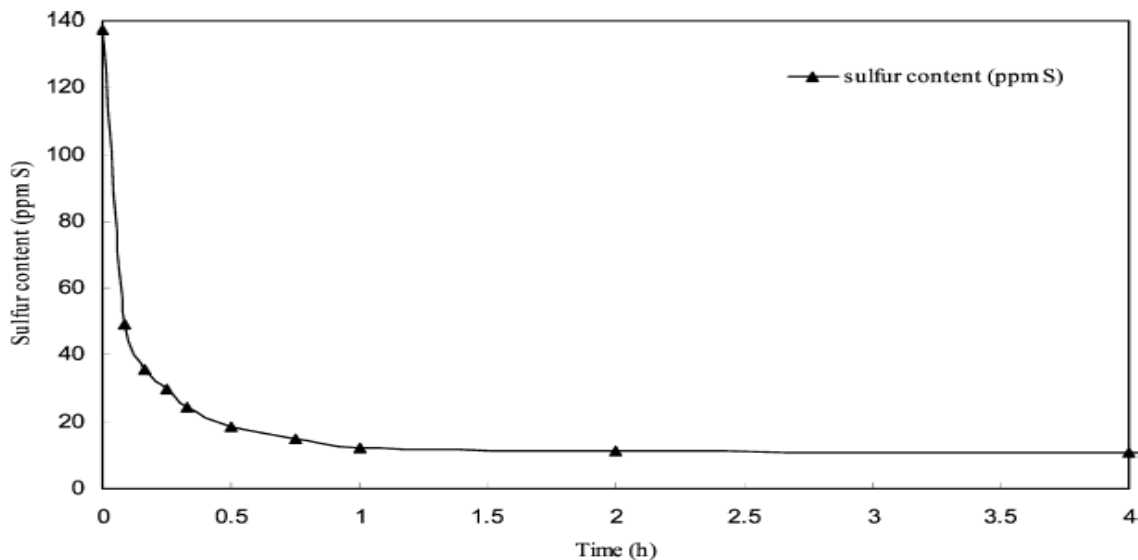
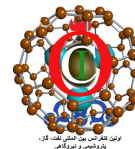
شکل 2: وابستگی جذب گوگرد بر روی زئولیت Ni-Y که به روش SSIE تعویض یونی شده است.

5-6- فرآیند جذب گوگرد:

گوگرد زدایی از برش نفتی در یک سیستم ناپیوسته انجام گرفت. جاذب و نمونه را به نسبت 1 به 10 gr/ml در راکتور ریخته و در مدت زمان معینی توسط همزن مغناطیسی هم زده شد. البته جهت تحقیق بر روی اثر نسبت نمونه به جاذب، از نسبت های مختلف استفاده می شود. سپس مخلوط نمونه و زئولیت را توسط کاغذ صافی، صاف کرده و میزان گوگرد در برش نفتی گوگردزدایی شده اندازه گیری شد.

6-6- تاثیر زمان :

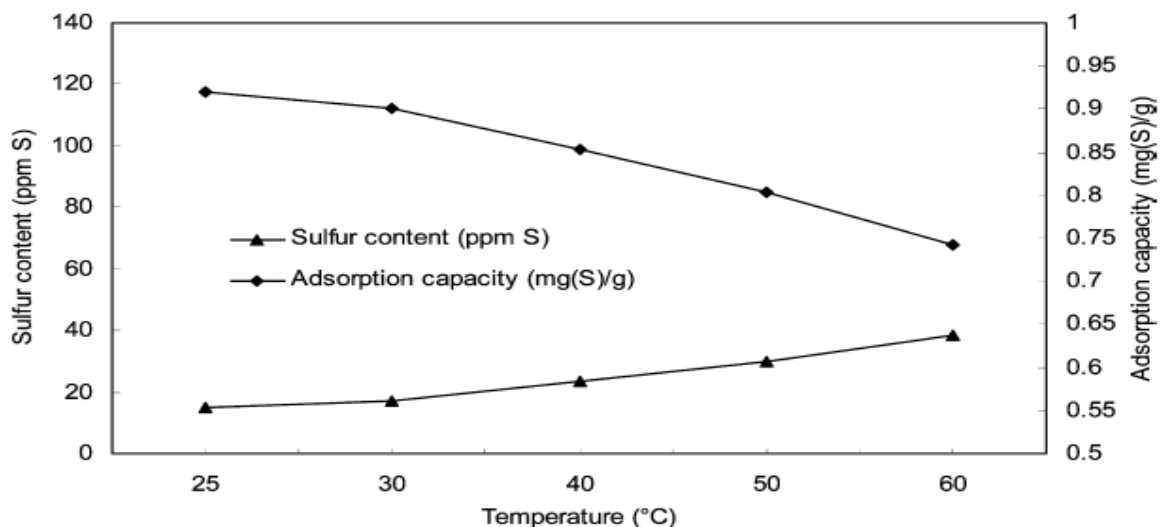
اثر زمان بر روی ماند برش نفتی در یک راکتور با سیستم ناپیوسته، که ترکیبات گوگردی نمونه HSRG پس از مخلوط با جاذب زئولیت Ni-Y به صورت 100٪ مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بدست آمده در شکل 3 نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشاهده می شود، بیشترین مقدار جذب ترکیبات گوگردی در مدت زمان 45 دقیقه انجام گرفت که در آن ظرفیت جذب گوگرد از نمونه 0.95 (mg گوگرد / g جاذب) بود. جذب گوگرد ابتدا سریع بود، به عنوان مثال ظرفیت جذب گوگرد پس از زمان 5 و 10 دقیقه ای به ترتیب 0.66 و 0.75 (mg گوگرد / g جاذب) بود، در حالی که با افزایش ظرفیت جذب گوگرد پس از مدت زمان 2 ساعت به 0.95 (mg گوگرد / g جاذب) رسید. پس از آن، جذب گوگرد بعد از مدت زمان 4 ساعت با هم زدن مداوم، به یک نقطه تعادلی رسید.



شکل 3 : اثر زمان ماند نمونه HSRG در راکتور

6-7- تاثیر دما :

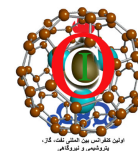
اثر دما بر روی ترکیبات گوگردی نمونه HSRG با زئولیت Ni-Y مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بدست آمده در شکل 4 نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می شود، با افزایش دما حذف ترکیبات گوگردی از نمونه HSRG کاهش می یابد. ظرفیت جذب زئولیت از دمای اتاق (25 °C) به 60 °C ، از 0.92 به 0.77 (mg گوگرد / g جاذب) کاهش می یابد. کاهش جذب گوگرد با افزایش دما را می توان به خاصیت گرما زا بودن واکنش نسبت داد.



شکل 4 : اثر دما بر روی گوگرد زدایی از HSRG با استفاده از زئولیت Ni-Y

7- نتیجه گیری :

گوگرد زدایی از برش های نفتی سبک را می توان در تحت شرایط محیطی با استفاده از تشکیل پیوند π از جاذب زئولیت Ni-Y انجام داد.



عملیات جذب گوگرد با زئولیت Ni-Y، به دو عامل زمان و درجه حرارت بستگی دارد.

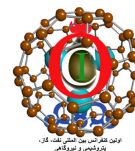
بسیاری از ترکیبات گوگردی ظرف مدت زمان 45 دقیقه حذف شده اند، که در آن نسبت ظرفیت جذب گوگرد به جذب 0.92 (mg گوگرد / g جذب) بود. با افزایش دما گوگرد زدایی از نمونه HSRG کاهش می یابد.

8- تشکر و قدردانی:

از حمایت های باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه و پالایشگاه اصفهان در امر تحقیق تشکر و قدر دانی می شود.

9- منابع:

- [1] Herna´ndez-Maldonado, A. J.; Yang, R. T. Desulfurization of Diesel Fuels via π -Complexation with Nickel(II)-Exchanged X- and Y-zeolites. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2004**, *43*, 1081.
- [2] A.J. Herna´ndez-Maldonado, R.T. Yang, *J. Am. Chem. Soc.* **126** (2004) 992.
- [3] Xue, M.; Chitrakar, R.; Sakane, K.; Hirotsu, T.; Ooi, K.; Yoshimura, Y.; Toba, M.; Feng, Q. Preparation of Cerium-Loaded Y-Zeolites for Removal of Organic Sulfur Compounds from Hydrodesulfurized Gasoline and Diesel Oil. *J. Colloid Interface Sci.* **2006**, *298*, 535.
- [4] Song, C. An Overview of New Approaches to Deep Desulfurization for Ultra-Clean Gasoline, Diesel Fuel and Jet Fuel. *Catal. Today* **2003**, *86*, 211.
- [5] Ma, X.; Velu, S.; Kim, J. H.; Song, C. Deep Desulfurization of Gasoline by Selective Adsorption over Solid Adsorbents and Impact of Analytical Methods on ppm-Level Sulfur Quantification for Fuel Cell Applications. *Appl. Catal. B: EnViron.* **2005**, *56*, 137.
- [6] Velu, S.; Ma, X.; Song, C. Selective Adsorption for Removing Sulfur from Jet Fuel over Zeolite-Based Adsorbents. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2003**, *42*, 5293.
- [7] Velu, S.; Song, C.; Engelhard, M. H.; Chin, Y. H. Adsorptive Removal of Organic Sulfur Compounds from Jet Fuel over K-Exchanged NiY Zeolites Prepared by Impregnation and Ion Exchange. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2005**, *44*, 5740.
- [8] M.Dastanian & F.S.Azad. ; Desulfurization of Gasoline over Nanoporous Nickel-Loaded Y-Type Zeolite at Ambient Conditions. *Accepted September 27, 2010*
- [9] King DL, Li L. Removal of sulfur components from low sulfur gasoline using copper exchanged zeolite Y at ambient temperature. *Catal Today* **2006**; *116*:526–9.
- [10] Herna´ndez-Maldonado, A. J.; Yang, R. T. Desulfurization of Liquid Fuels by Adsorption via π Complexation with Cu(I)-Y and Ag-Y Zeolites. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2003**, *42*, 123.
- [11] Yang, R. T.; Herna´ndez-Maldonado, A. J.; Yang, F. H. Desulfurization of Transportation Fuels with Zeolites under Ambient Conditions. *Science* **2003**, *301*, 79.
- [12] Yang, R. T.; Takahashi, A.; Yang, F. H. New Sorbents for Desulfurization of Liquid Fuels by π -Complexation. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2001**, *40*, 6236.
- [13] Herna´ndez-Maldonado, A. J.; Yang, F. H.; Qi, G.; Yang, R. T. Desulfurization of Transportation Fuels by π -Complexation Sorbents: Cu(I)-, Ni(II)-, and Zn(II)-zeolites. *Appl. Catal. B: EnViron.* **2005**, *56*, 111.
- [14] Baerlocher, Ch.; McCusker, L. B.; Olson, D. H. *Atlas of Zeolite Framework Types*, 6th ed.; Elsevier: New York, 2007.
- [15] Haniffa, R. M.; Seff, K. Partial Structures of Fully Dehydrated Ni₃₀Na₇Cl₁₂Si₁₃₇Al₅₅O₃₈₄ (Solid-State Nickel(II)-Exchanged Zeolite Y) and of Its D₂O Sorption Complex by Pulsed-Neutron Diffraction. *J. Phys. Chem. B* **1998**, *102*, 2688.
- [16] Beyer, H. K.; Karge, H. G. Solid-state Ion Exchange in Zeolites: Part I. Alkaline Chlorides/ZSM-5. *Zeolites* **1988**, *8*, 79.
- [17] Karge, H. G.; Wichterlova, B.; Beyer, H. K. High-Temperature Interaction of Solid Cu Chlorides and Cu Oxides in Mixtures with H-Forms of ZSM-5 and Y-Zeolites. *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1* **1988**, *88*, 1345.



Desulfurization of aromatic and sulfur containing compounds using zeolite Y

Ali Abdolkhani^{a,*}, seiid mossa Fakhr Hosseini^b, Majid Dastanian^c

^a Young Researchers Club, Islamic Azad University Omidieh Branch

^b Chemical Engineering Department, Islamic Azad University Omidieh Branch, Iran

^c Chemical Engineering Department, Engineering Faculty, UniVersity of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract

As the restrictions by governments worldwide on lowering of sulfur content in transportation fuels are getting more stringent, the search for alternatives to conventional hydrodesulfurization(HDS)process is attracting numerous studies on desulfurization. In the present work, we report studies on sulfur removal to acceptable levels by using adsorption process at room temperature. Y-zeolites, ion exchanged with metal ions that are capable of complexation, have been studied for their usefulness in desulfurization of diesel. Ni-Y zeolite was prepared by solidstate ion exchange (SSIE) of H-Y zeolite using $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Ni-Y zeolite exhibited a high capability for the desulfurization of gasoline at ambient conditions. These results show the importance of inserting transitions metals in the zeolitic structure to enhance the adsorption of both aromatic and sulfur containing compounds in organic liquid mixtures, which shows promise to meet environmental standards in transportation fuels.

Keywords: Desulfurization; Diesel; Ion exchange; Zeolite Y; Adsorption

(این قسمت برای مقالات فارسی اختیاری است)

* Corresponding author. +989387821598, E-mail address.abdolkhani_a@yahoo.com