امکان سنجی رطوبت زدایی از گاز توسط چارچوب های آلی فلزی در یکی از پالایشگاه های گازی کشور

[redacted][1]، [redacted][2]*

[1]ایران، مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی شیمی

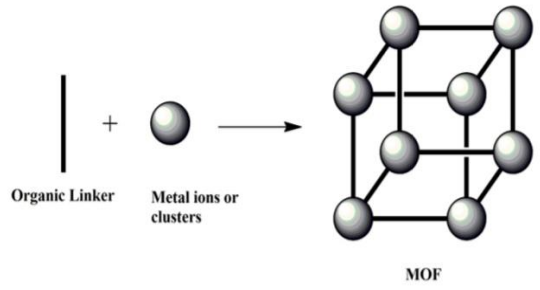
[2]ایران، مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت، استادیار گروه مهندسی شیمی. [redacted]79@yahoo.com

چکیده: با توجه به مشکلات فراوانی که بخار آب در فرآیندهای انتقال و توزیع گاز ایجاد می کند، نم زدایی گاز طبیعی در صنعت گاز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. آب یکی از مهم ترین ناخالصی‌ها در اکثر جریانات گازی شناخته می‌شود و فرآیند رطوبت زدایی یک فرآیند صنعتی، مهم و گسترده است. در این پژوهش، با هدف حذف بخار آب از گاز به روش جذب سطحی با استفاده از جاذب های شبکه های آلی–فلـزی و شبیه سازی دینامیکی با کمک نرم افزار ASPEN ADSIM انجام گرفته است. داده های ورودی به نرم افزار از پالایشگاه پارسیان در نظر گرفته شده و مقایسه حالـت و شـرایط عملیاتی و تاثیر MOF ها بر میزان بازده فرآیند بررسی شد؛ همچنین پارامترهای مختلف از جمله دما و شدت جریان‌هـای مختلـف مـورد بررسـی قـرار گرفت؛ نشان داد که کمترین دمایی را که می‌توان با توجه به شدت جریان در نظر گرفت ۱۳۰درجه سانتی‌گراد و شدت جریان ۲۵۰ کیلومـول مـی‌باشـد. بررسی نتایج جذب نشان داد، جاذب‌های خانواده MOF در شرایط عملیاتی یکسان، میزان جذب بالاتری نسبت به جاذب های تجـاری و سـایر جـاذب های قـدیمی نظیر زئولیت 13X را نشان می دهد.

واژه‌های کلیدی: چارچوب های آلی–فلزی، جذب سطحی، امکان سنجی، رطوبت زدایی

۱. مقدمه

آب یکی از ناخالصی های ناخواسته در گازهای طبیعی ترش و شیرین هستند که از منابع مستقل گازی یا از چاهای نفتی تولید می شوند. وجود آب در گاز طبیعی می تواند مشکلات زیادی در تولید، انتقال، ذخیره سازی و همچنین باعث کاهش ارزش حرارتی گاز و ایجاد خوردگی در تجهیزات انتقال شود،بنابر اینبرای جلوگیری از بروز این مشکلات، عملیات نم زدایی در این واحد صورت می گیرد و برای جلوگیری از تشکیل هیدرات در خطوط انتقال، نقطه شبنم آب در مخلوط گازی روی حد مطلوبی تنظیم می شود. حذف آب از جریانات گاز طبیعی با توجه به اهمیت فرایندهای خشک سازی، معمولا با عبور گاز از بین مواد خشک کننده در برجها، انجام می گیرد[۱،۲]. فرآیند نم زدایی روشهای گوناکونی دارد، مانند: تراکم اضافی، تبرید، استفاده از جداکننده های مافوق صوت، غشا، مایعات جاذب رطوبت، نم زدایی با جامدات و غیره که نم زدایی با جامدات یا همان جذب سطحی یک روش قابل اعتماد و مناسب است[۱،۳]. جامدات متخلخل، انواع مختلفی برای جذب آب دارد، اما مواد نانوساختار با نام چارچوب فلزی-آلی (MOF)[1]، یا پلیمرهای کوئوردیناسیون متخلخل (PCPs)[2] در زمینه ی شیمی متخلخل، از اهمیت بالایی برخوردار است، که اولین نمونه آن را تامیک در سال ۱۹۶۵ و معرفی کرد[٤]. چارچوب های فلز- آلی از پیوند یونهای فلزی کوچک به لیگاندهای آلی [3] (خصوصا لیگاندهای کربوکسیلات و ایمیدازولات) حاصل می شوند که ساختاری سه بعدی را در فضا ایجاد میکنند[۵،٦] . چارچوبهای فلز- آلی دارای ویژگی های مهمی مانند حفرات منظم، مساحت سطح داخلی بالا، استحکام شیمیایی و مکانیکی بالا، دانسیته پایین، قابلیت انتخاب پذیری، ظرفیت جذب و ذخیره سازی بالا است[۷،۸]. این ویژگی ها باعث می شود که چارچوب های فلز- آلی کاربردهای زیاد و متنوعی در جذب و جداسازی، ذخیره سازی گازها، بیوتکنولوژی، لومینسانس[4] ، کاتالیست و انتقال داشته باشند[۹،۱۰]. حجم منافذ خاص و مساحت سطح MOF ها به شدت بر خصوصیات جذب آب آنها برای جذب یا خنک کننده خشک کن تأثیر می گذارد[۱۱]. ماده جاذب بسته به ظرفیت جذب آن، رطوبت گاز را جذب می کند. رطوبت جذب شده توسط مواد جاذب در طی فرآیند بازیابی از بین می رود. انرژی حرارتی، بسته به درجه حرارت بازیابی مورد نیاز، در این مرحله تأمین می شود. به این ترتیب روند جذب و دفع در یک حلقه چرخه ای ادامه می یابد[۱۲].



شکل (۱): ساختار اساسی یک چارچوب فلزی - آلی (MOF)،[۱۳].

متکوری و همکاران رفتار MOF های ریز متخلخل و مزو تخلخل را برای ظرفیت جذب آنها مشاهده و گزارش کردند. ظرفیت جذب اشباع برای MOF های ریز متخلخل در فشار اشباع کم (P / P_o = ./۰۲) مشاهده شد که بیش از ٤ میلی مول بر گرم بود. در مقابل، ظرفیت جذب بیش از ١٤ میلی مول بر گرم برای MOF های مزو در P / P_o = ./۰۴ مشاهده شد[١٤]. می توان نتیجه گرفت که، بسته به میزان جذب آب مورد نیاز، می توان از چارچوب مورد نظر موادی استفاده کرد که می تواند برای برنامه های خنک کننده بر اساس جذب بسیار سودمند باشد [۱۵،١٦]. آریستوف در سال ۲۰۰۷ در ابتدا ایده پمپ های حرارتی مبتنی بر MOF را پیشنهاد کرد و از آن زمان چندین MOF برای قابلیت جذب آب آنها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. Cu BTC، MIL 101Cr و CPO 27 برخی از MOF ها هستند که برای استفاده بالقوه آنها مورد تحقیق قرار گرفته اند. ظرفیت جذب آب CU BTC مشخص شد که ٦٪ از نظر وزنی در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد و ۲/۷ میلی بار است [۱۷]. رضک و همکاران نتیجه گرفت که در بین MOF های مختلف، ظرفیت جذب آب Cu BTC و FeBTC بالاترین است. این ظرفیت جذب زیاد به دلیل تخلخل زیاد و سطح آنها است [۱۸]. ارنمن و همکاران دریافت که MIL 101Cr در فشار کار پایین ظرفیت جذب آب بالایی دارد و با گذشت زمان فقط مقدار کمی ظرفیت جذب آن کاهش می یابد[۱۹]. خوتیا و همکاران دریافت که MIL 101 (Cr) ظرفیت جذب آب بالایی دارد که برای استفاده در چیلرهای جذب کننده مطلوب است [۲۰]. تانرت و همکاران مشخصات مطلوب جذب آب و پایداری حرارتی آن چارچوب فلزی - آلی مبتنی بر Al MIL 53 (Al) TDC را گزارش

1 Metal Organic Framework
2 Porous coordination polymers
3 Organic ligand
4 Luminescence

کرد که دارای گرمای متوسط جذب فقط ۲/٦ کیلوژول بر گرم است [۲۱].

در این پژوهش، با هدف حذف بخار آب از گاز طبیعی به روش جذب سطحی با استفاده از جاذب های شبکه های آلی–فلـزی و با کمک نرم افزار ASPEN ADSIM انجام گرفته است. در این شبیه سازی از معادله حالت پینگ رابینسون استفاده شده است. داده های ورودی به نرم افزار از پالایشگاه پارسیان در نظر گرفته شده که روش رطوبت زدایی آن به روش جذب سطحی و با استفاده از سیلیکاژل و جاذب های غربال مولکولی است، با جاذب های آلی–فلزی بررسی می شود؛ در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده و تحلیل و آنالیز آن ها بهترین جاذب و یا احتمالاً جاذب های جایگزین معرفی خواهند شد.