

کربن

کربن فعال بهینه برای زدودن MTBE در سیستم‌های POU/POE

نوشته‌ی: Mark R. Stouffer
برگردان: مهندس مسعود ذبیحی

کربن فعال به‌دست آمده از پوسته‌ی نارگیل که برای جذب MTBE بهینه شده است، می‌تواند مقدار MTBE را در کاربردهای «نقطه‌ی مصرف» (POU) تا مرز غیر قابل ردیابی کاهش دهد و تمام الزامات سختگیرانه‌ی استاندارد 53-NSF را برآورده سازد. برای برآورده کردن پایدار استانداردهای عملکرد، کنترل مواد خام و شرایط فعال‌سازی و همچنین یک برنامه‌ی تضمین کیفیت موثکافانه لازم است.

(به‌عنوان مثال اجزای بنزین، بنزن و تولوئن)، با شدت بیشتری جذب کربن فعال می‌شوند، این امر منجر به مشکلاتی در جذب رقابتی می‌گردد. روش‌های دیگری برای حذف MTBE وجود دارد، ولی هزینه‌های اولیه‌ی آن‌ها از هزینه‌ی جذب کربن فاز مایع بیشتر است. با مشخص شدن این مساله که استفاده از کربن فعال برای حذف MTBE بسیار کم هزینه و موثر است، افزایش توانایی کربن در حذف MTBE بسیار مقرون به‌صرفه خواهد بود. حذف مواد آلی موجود در آب که به مقدار کمی جذب می‌شوند و در غلظت‌های بسیار کمی وجود دارند، به کربن فعال با روزه‌های پر انرژی (ریزروزنه‌هاخ micropore) نیاز می‌باشد. کربن فعال حاصل از پوسته‌ی نارگیل مدت‌ها به‌طور سنتی برای کاربردهایی مانند حذف تری هالو متان‌ها (THM)، استفاده می‌شده است. زغال نارگیل، که از طریق کربنیزه کردن پوسته‌ی نارگیل تولید می‌شود، برای تولید ریزروزنه‌ها در طول فرآیند فعال‌سازی با بخار، نسبت به سایر انتخاب‌ها (مانند زغال سنگ یا زغال چوب) ماده‌ی خام بهتری است. علاوه بر ظرفیت هم دما، اگر قرار باشد غلظت‌های جزئی MTBE در فاضلاب باقی بماند، قدرت نگهداری کربن برای ماده‌ی جذب شونده در سطح بسیار مهم است. از آنجایی که غلظت MTBE و غلظت مواد آلی پس زمینه معمولاً متغیر است، جداسازی و حذف MTBE باید با دقت انجام شود. در صنعت کربن فعال، کاملاً پذیرفته شده است که کربن حاصل از پوسته‌ی نارگیل قدرت نگهداری بیشتری نسبت به کربن‌های پایه‌ی زغال سنگ دارد.

آزمایش فیلتر آب:

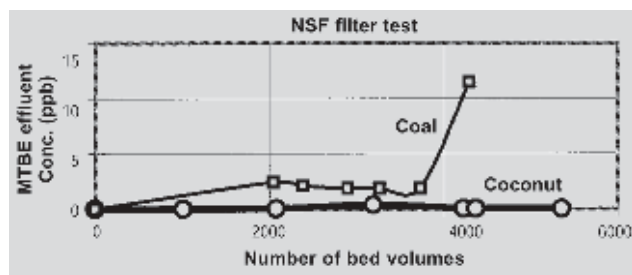
تست دینامیکی کارتریج‌های فیلتر آب، با استفاده از پروتکلی که در استاندارد ANSI/NSF 53 با عنوان «تأثیرات بهداشتی سیستم‌های تصفیه‌ی آب» توسط یک تولیدکننده‌ی کربن فعال انجام شد، نتایج آن آزمایش‌ها در اینجا ارائه شده است.

شکل (۱) اطلاعات مربوط به دو نوع فیلتر آب تجاری که از کربن‌های فعال متفاوت ساخته شده‌اند را نشان می‌دهد، یکی از آن‌ها کربن حاصل پوسته‌ی نارگیل است که برای حذف MTBE به‌سازی شده و دیگری کربن پایه‌ی زغال سنگ می‌باشد که در تست‌های آزمایشگاهی عملکرد خوبی از خود نشان داده است. هر دو فیلتر از بلوک‌های کربن قالب‌گیری شده که از کربن فعال با شبکه‌ی 80×325 تولید شده بودند، استفاده می‌کردند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، هر دو فیلتر، MTBE را تا درجه‌های غیر قابل ردیابی حذف می‌کنند (1 ppb براساس ردیابی کروماتوگرافی گازی «پلایش و به‌دام اندازی» و یونیزه کردن با شعله). استاندارد کنونی NSF برای تایید حذف MTBE در فاضلاب برابر 5 ppb می‌باشد. فیلتری که از کربن فعال پوسته‌ی نارگیل تولید شده بود، عمر بسیار بیشتری داشت و این مساله نشان می‌دهد که ظرفیت آن برای MTBE بیشتر است. فیلتری که از کربن پوسته‌ی نارگیل ساخته شده بود، حتی بعد از تصفیه‌ی 2800 گالن آب، هنوز غلظت MTBE را در خروجی تا کمتر از 1 ppb و تا زیر آستانه‌ی درک بو و مزه‌ی آن کاهش می‌داد. فیلتر کربنی پایه‌ی زغال سنگ نیز استاندارد کنونی NSF برای حذف MTBE تا غلظت 5 ppb برآورده می‌کرد، ولی عمر آن به اندازه‌ی فیلتر کربنی پوسته‌ی نارگیلی نبود. عملکرد فوق‌العاده‌ی کربن فعال پوسته‌ی نارگیل کیفیت بالا

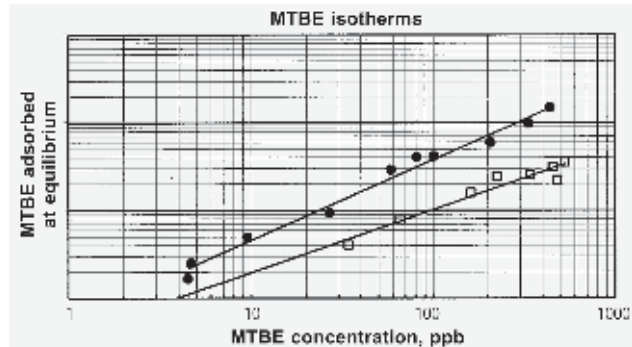
برای کاربردهای نقطه‌ی مصرف و «نقطه‌ی ورود» (POE)، کربن پوسته‌ی نارگیل با کیفیت بالا به کربن بر پایه‌ی زغال برتری دارد. متیل ترشیاری بوتیل اتر (MTBE) عمومی‌ترین افزودنی سوخت اکسیژن‌دار است که در بنزین‌های جدید به‌کار می‌رود. تأثیرات این ماده بر روی سلامتی انسان نامعلوم است، ولی انجمن حمایت از محیط زیست آمریکا (USEPA) آن را به‌عنوان ماده‌ای با امکان سرطان‌زایی درجه‌بندی کرده است. اگر غلظت MTBE در آب آشامیدنی حتی کمتر از 2 قسمت در بیلیون (ppb) باشد، می‌تواند بو و مزه‌ی آب را تغییر دهد. آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی با MTBE به‌صورت یک مشکل در حال رشد سریع درآمده است.

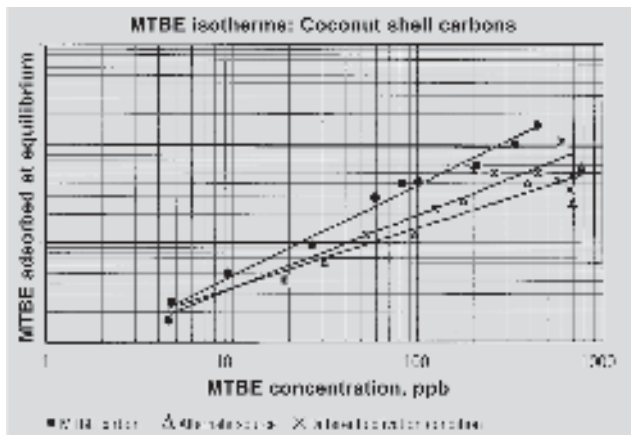
توجه اخیر رسانه‌ها، موجب افزایش هوشیاری عمومی نسبت به این مشکل گردیده و متعاقب این آگاهی، مقررات مربوط به وجود MTBE در آب، هرروز سختگیرانه‌تر می‌شود. به‌عنوان مثال، شهر نیویورک به تازگی محدودیت مقدار این ماده را در آب از 50 ppb به 10 ppb کاهش داده است. از زمان کشف این مشکل، پاک‌سازی آب‌های زیرزمینی آلوده شده توسط جذب کربن فعال، تجربه شده است. با آن‌که حذف MTBE از آب با کمک کربن فعال موثر است، ولی به‌دلیل قابلیت انحلال زیاد و به‌دلیل وجود گونه‌های آلی دیگر در آب‌های زیرزمینی، این کار با دشواری‌هایی همراه است. گونه‌های آلی که به‌طور طبیعی همراه MTBE وجود دارند

شکل (۱) نتایج تست فیلتر NSF برای فیلترهای بهینه شده‌ی MTBE، از نوع کربن پوسته‌ی نارگیل بهینه شده (دایره‌ها) و نوع کربن پایه‌ی زغال سنگ کیفیت بالا (مربع‌ها)

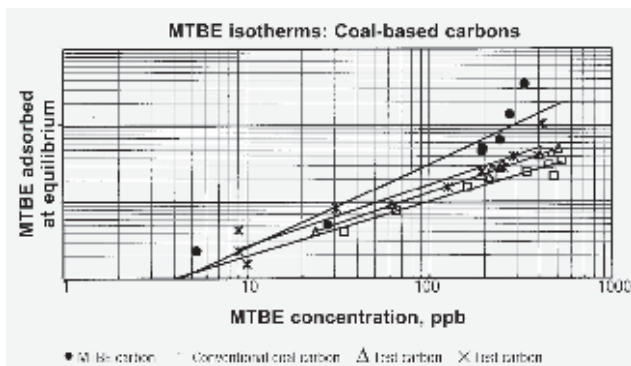


شکل (۲) منحنی‌های هم‌دمای MTBE یک کربن پوسته‌ی نارگیل بهینه شده (دایره‌های مرکز پر) و کربن پایه‌ی زغال سنگ کیفیت بالا (مربع‌ها)

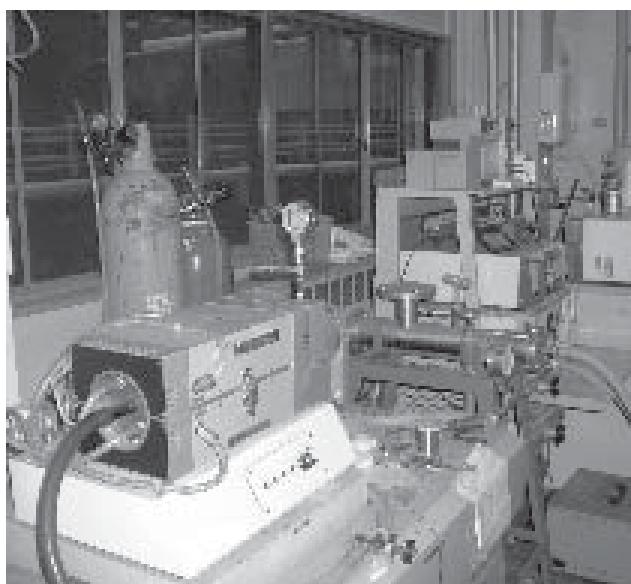




شکل (۳) منحنی‌های هم دمای MTBE کربن پوسته‌ی نارگیل با مواد خام مختلف و روش‌های بهینه‌سازی متفاوت



شکل (۴) منحنی‌های هم دمای MTBE کربن پایه‌ی زغال سنگ بهینه شده در مقایسه با کربن پوسته‌ی نارگیل (دایره‌های مرکز پر)



در مقایسه با کربن‌های پایه‌ی زغال سنگ، با اکتشافات اخیر صورت گرفته در این زمینه مطابقت دارد.

بهینه‌سازی آزمایشگاهی کربن‌ها:

کربن‌هایی که در فیلترهای آزمایش شده‌ی فوق استفاده شدند، براساس یک برنامه‌ی توسعه‌ی آزمایشگاهی انتخاب شده بودند. این برنامه برای بهبود جذب سطحی کربن‌های پوسته‌ی نارگیل و زغال سنگ برای حذف MTBE آغاز شد. این آزمایش‌ها برای به حداکثر رساندن میزان «ریز تخلخل^۱» تمرکز یافته بود (حجم روزه‌های دارای قطر کمتر از ۲۰ آنگستروم را میزان ریز تخلخل می‌گویند (۱ آنگستروم برابر با 10^{-8} سانتی‌متر یا $10^{-9} \times 3/937$ اینچ می‌باشد).

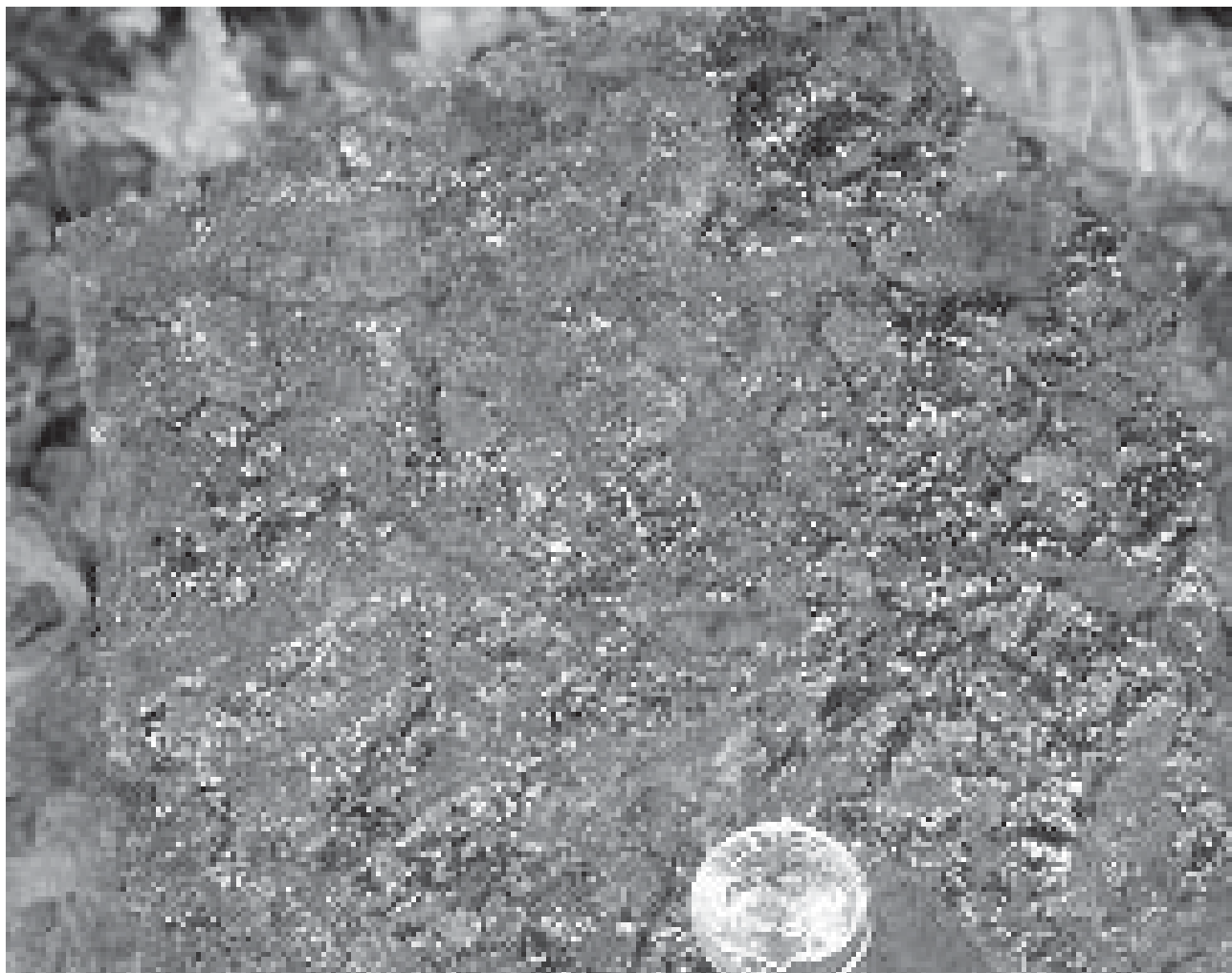
نظریه‌ی جذب سطحی بیان می‌کند که ریز روزه‌ها برای به حداکثر رساندن «ظرفیت جزیی^۲» کربن لازم هستند (ظرفیت جزیی، ظرفیت حذف مقادیر بسیار کم گونه‌هایی است که کمتر مورد جذب سطحی قرار گرفته‌اند). اقسام مختلفی از کربن‌های تجاری و مطالعاتی برای حذف MTBE با استفاده از یک روش هم دمای هشت نقطه‌ای براساس شیوه‌ی استاندارد ASTM D386089a مورد ارزیابی قرار گرفتند. این کربن‌ها، کربن‌های پوسته‌ی نارگیل و زغال سنگ را شامل می‌شدند که از منابع مواد خام مختلف تولید شده و تحت شرایط فرآیندهای مختلف فعال شده بودند. براساس نتایج برنامه‌ی بهینه‌سازی، یک کربن به دلیل ظرفیتش برای جذب MTBE در کاربردهای نقطه‌ی مصرف و نقطه‌ی ورود انتخاب شد. این کربن بر پایه‌ی پوسته‌ی نارگیل بود و حجم ریز تخلخل بزرگی داشت که توسط جذب نیتروژن تعیین شده بود.

شکل (۲) ظرفیت تعادل این کربن را در مقایسه با کربن‌های پایه‌ی زغال سنگ مرسوم نشان می‌دهد. این اطلاعات نشان می‌دهند که ظرفیت کربن پوسته‌ی نارگیل که برای حذف MTBE طراحی شده، دو یا سه برابر بیشتر از ظرفیت کربن پایه‌ی زغال می‌باشد. منبع کربن پایه‌ی زغال سنگ، کربنی با کیفیت بالاست که به صورت استاندارد برای تصفیه‌ی آب آشامیدنی مورد توجه قرار دارد. ظرفیت مطلق کربن برای جذب MTBE به سایر آلاینده‌هایی که در آب آزمایش یافت می‌شود، بستگی زیادی دارد. بنابراین، نمودارهای هم دما ظرفیت‌های متناسبی را نشان می‌دهند. نتایج آزمایش فیلتر (که در بالا توصیف شد) نتایج تست هم دما را تایید می‌کنند. با وجود این که پوسته‌ی نارگیل یک ماده‌ی خام عالی را برای تولید ریز تخلخل در اختیار می‌گذارد، کنترل منبع ماده‌ی خام و شرایط فعال‌سازی برای اطمینان از ظرفیت بالای جذب MTBE بسیار مهم می‌باشد. شکل (۳) ظرفیت‌های تعادل را برای دو نوع کربن پوسته‌ی نارگیل متفاوت نشان می‌دهد:

(۱) اولی از منبع ماده‌ی خام متفاوت تهیه شده

(۲) دیگری تحت شرایط فعال‌سازی متفاوت تولید شده است.

این شکل به وضوح اهمیت حفظ یک منبع شناخته شده‌ی با کیفیت و همچنین داشتن یک برنامه‌ی تضمین کیفیت موشکافانه برای تولید را نشان می‌دهد. یک کربن پایه‌ی زغال سنگ نیز برای حذف MTBE بهینه شده است. شکل (۴) تفاوت ظرفیت جذب MTBE برای تعدادی کربن بر پایه‌ی زغال سنگ که در یک برنامه‌ی تست آزمایشگاهی ارزیابی شده‌اند



نتیجه گیری:

کربن فعال پوسته‌ی نارگیل کیفیت بالا برای حذف MTBE از آب آشامیدنی در سیستم‌های نقطه‌ی مصرف/ نقطه‌ی ورود، بر سایر جاذب‌ها برتری دارد. این نوع کربن، ظرفیت‌های بالای به‌دام‌اندازی و قدرت نگهداری بالای مورد نیاز را برای حذف غلظت‌های بسیار کم MTBE ایجاد می‌کند. این کربن همچنین دارای خواصی چون سختی فوق‌العاده، تولید کم گرد و غبار و مقدار فلز قابل استخراج بسیار پایین می‌باشد. با این وجود، برای حذف پایدار مقدار زیاد MTBE، باید مواد خام را از منابع خوب و شناخته شده تهیه کرده و شرایط تولید پایدار و برنامه‌ی تضمین کیفیت موشکافانه‌ای را در نظر داشت. فیلترهای آبی که از کربن پوسته‌ی نارگیل تولید شده‌اند و برای حذف MTBE بهینه شده، می‌تواند استانداردهای کارآیی NSF 53 را برآورده کند.

پی‌نوشت:

- 1 -Microporosity
- 2 -Trace Capacity

را نشان می‌دهد. کربنی که براساس ظرفیت بالاتر برای جذب MTBE انتخاب شده، دارای حجم ریز تخلخل بیشتری است.

نکته‌هایی در مورد کاربردهای ترمیمی:

در کاربردهای ترمیمی، آب معمولاً مواد آلی به همراه دارد که بسیار بیشتر از MTBE جذب می‌شوند. همچنین، اهداف تصفیه در این کاربرد معمولاً به سختگیری کاربردهای نقطه‌ی ورود و نقطه‌ی مصرف نیست. به این دلایل یک کربن پایه‌ی زغال سنگ و یا ترکیبی از کربن پایه‌ی زغال سنگ و پوسته‌ی نارگیل برای کاربردهای ترمیمی ترجیح داده می‌شود. کربن پایه‌ی زغال سنگ که برای حذف MTBE طراحی شده و در شکل (۳) به آن اشاره شده است، در پروژه‌های ترمیمی بی‌شماری مورد استفاده قرار گرفته است. به‌طور معمول، یکسری جاذب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که جاذب‌هایی که در بالادست قرار دارند، برای حذف مواد آلی سنگین (مانند BTEX) و جاذب‌هایی که در پایین دست قرار می‌گیرند، برای حذف MTBE به کار برده می‌شوند. اگر غلظت بسیار پایین مورد نظر باشد، کربن پوسته‌ی نارگیل را می‌توان به‌عنوان مرحله‌ی حذف کامل در جاذب‌هایی استفاده کرد.

« فرستنده: مریم فهار

www.irche.com

Iranian Chemical Engineers Website