

حذف کربن دی اکسید

با نگرش جذبی و غشایی

حسین مولوی
اکبر شجاعی
سید عباس موسوی



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی
دانشگاه صنعتی شریف

۱۴۳

حذف کربن دی‌اکسید: انگیزش جذبی و غشایی

تألیف دکتر حسین دی‌اکسید، دکتر اکبر شجاعی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف)،
دکتر سیدعباس موسوی (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شریف)
طراحی جلد: الهه احمدی پیرقائ

مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چاپ اول: ۱۳۹۷

شمارگان: ۳۰۰

بها: ۴۰۰۰۰ تومان

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۲۱۴-۸

دفتر مرکزی: خیابان آزادی - دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب - خیابان شهید منیری جاوید (اردیبهشت) - ساختمان بهمن - طبقه چهارم - واحد ۴۰۲

تلفن: ۶۶۴۰۵۱۳۲-۶۶۹۶۷۸۹۶

فروش اینترنتی: booksharif.ir

پست الکترونیکی: publishing@sharif.ir

سرشناسه: مولوی، حسین، ۱۳۶۸

عنوان و نام‌پیداور: حذف کربن دی‌اکسید با انگیزش جذبی و غشایی/تألیف حسین مولوی،

اکبر شجاعی، سیدعباس موسوی

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۷

مشخصات ظاهری: ۳۵۶ ص. مصور، جدول

شابک: 978-964-208-214-8

یادداشت: فیبا

موضوع: کاهش کربن دی‌اکسید

موضوع: Carbon dioxide mitigation

موضوع: کربن دی‌اکسید - جنبه‌های زیست‌محیطی

موضوع: Carbon dioxide - Environment aspects

موضوع: گازهای گلخانه‌ای

موضوع: Greenhouse gases

موضوع: کاهش گازهای گلخانه‌ای

موضوع: Greenhouse gases mitigation

شناسه افزوده: شجاعی، اکبر، ۱۳۳۹

شناسه افزوده: موسوی، سیدعباس، ۱۳۵۵

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی

شناسه افزوده: Sharif University of Technology, Institute of

Scientific Publications

رده‌بندی کنگره: ۳ ۱۳۹۷ ۵/۵/۲۸۸۵ TD

رده‌بندی دیویی: ۳۶۳/۷۲۸۷۴

شماره کتابشناسی ملی: ۵۴۲۶۰۷۷

فصل ۱. اهمیت حذف کربن دی اکسید

- ۱-۱ مقدمه ۱
- ۲-۱ معاهده کیوتو ۲
- ۳-۱ توافقنامه پاریس ۵
- ۴-۱ گازها، گلخانه‌ای ۶
- ۵-۱ متابولیت ایران در تولید کربن دی اکسید ۱۰
- ۶-۱ گاز سببی ۱۴
- ۷-۱ تثبیت شیمی کربن دی اکسید ۱۷
- ۸-۱ روش‌های حذف کربن دی اکسید ۲۰

فصل ۲. حذف کربن دی اکسید، پایه فرایندهای جذب و جذب سطحی

- ۱-۲ بررسی جاذب‌ها ۲۵
- ۲-۲ جاذب‌های دمای پایین ۲۸
- ۳-۲ بازیابی جاذب‌ها ۶۸
- ۴-۲ جاذب‌های دمای متوسط ۷۰
- ۵-۲ جاذب‌های دمای بالا ۷۲

فصل ۳. چارچوب‌های فلز-آلی؛ مفاهیم، خواص و کاربردها

- ۱-۳ مقدمه‌ای بر چارچوب‌های فلز-آلی ۷۹
- ۲-۳ روش‌های سنتز چارچوب‌های فلز-آلی ۹۱
- ۳-۳ روش‌های سنتز چارچوب‌های فلز-آلی در ابعاد نانو ۹۹
- ۴-۳ بررسی پایداری چارچوب‌های فلز-آلی در برابر رطوبت ۱۰۷
- ۵-۳ کاربردهای چارچوب‌های فلز-آلی ۱۱۳

فصل ۴. حذف و ذخیره‌سازی کربن دی اکسید با چارچوب‌های فلز-آلی

- ۱-۴ سازوکار جذب گاز درون چارچوب‌های فلز-آلی ۱۳۱
- ۲-۴ ظرفیت جذب کربن دی اکسید درون چارچوب‌های فلز-آلی ۱۳۵
- ۳-۴ محاسبه آنتالپی جذب گاز درون چارچوب‌های فلز-آلی ۱۳۷
- ۴-۴ سازوکار جداسازی در چارچوب‌های فلز-آلی ۱۳۹
- ۵-۴ اصلاح چارچوب‌های فلز-آلی ۱۴۱
- ۶-۴ اصلاح لیگاند اتصال‌دهنده ۱۵۰

۴-۷ اصلاح با وارد کردن فلزات قلیایی درون حفرات جاذب

۱۵۶

فصل ۵. حذف کربن دی اکسید بر پایه فرایندهای غشایی

۱۵۹

۱-۵ مقدمه

۱۵۹

۲-۵ غشاهای معدنی

۱۶۰

۳-۵ غشاهای پلیمری

۱۶۵

۴-۵ تقسیم بندی غشاها بر اساس سازوکار جداسازی

۲۰۲

فصل ۶. غشاهای حلالیت گزین

۲۱۳

۱-۶ مقدمه

۲۱۳

۲-۶ اصلاحات انجام شده بر روی غشاهای حلالیت گزین

۲۱۶

۳-۶ مروری بر غشاهای نیمه بلورین

۲۱۷

فصل ۷. غشاهای واکنش گزین

۲۴۱

۱-۷ مقدمه

۲۴۱

۲-۷ حامل های کربن دی اکسید

۲۴۲

فصل ۸. غشاهای کامپوزیتی

۲۶۳

۱-۸ مقدمه

۲۶۳

۲-۸ انواع غشاهای کامپوزیتی

۲۶۴

۳-۸ سازوکار جداسازی گاز توسط غشاهای کامپوزیتی

۲۶۶

۴-۸ ریخت شناسی سطح مشترک پلیمر پرکننده در غشاهای کامپوزیتی

۲۶۷

۵-۸ پرکننده های استفاده شده به منظور ساخت غشاهای کامپوزیتی

۲۷۱

فصل ۹. غشاهای کامپوزیتی حاوی پرکننده های ورقه ای

۳۰۹

۱-۹ مقدمه

۳۰۹

۲-۹ بررسی غشاهای حاوی نانو رس

۳۱۰

۳-۹ مقدمه ای بر غشاهای حاوی گرافن و مشتقات آن

۳۱۶

۴-۹ غشاهای حاوی چارچوب های فلز آلی صفحه ای

۳۲۴

منابع

۳۲۹

واژه نامه فارسی - انگلیسی

۳۴۱

فهرست علائم و اختصارات

۳۴۵

فهرست راهنما

۳۴۹

پیشگفتار مؤلفان

افزایش روزافزون کربن دی اکسید یکی از مهمترین نگرانی‌های عصر کنونی است، به دلیل اینکه غلظت این گاز در طی ۵۰ سال گذشته از ۲۸۰ ppm به بیش از ۳۹۰ ppm رسیده است. به همین دلیل، جامعه بین‌المللی بر آن شدند تا با وضع قوانین جامع، با خطرات فزاینده انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی مقابله کنند. ایران نیز به عنوان یکی از بزرگ‌ترین کشورهای تولید کننده گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه کربن دی اکسید در خاورمیانه در سال ۱۳۷۵ به عضویت معاهده تدبیر و توافق در آمد، و ملزم گردید تا با اصلاح شیوه مصرف سوخت‌های فسیلی حجم گازهای گلخانه‌ای تولید شده را کاهش دهد.

توجه جوامع بین‌المللی به محیط زیست، نقش اساسی آن بر بشریت و نیاز به روش‌های نوین برای حفظ آن از آلودگی‌های گازی، ما را بر آن داشت تا به جمع‌آوری و تدوین مجموعه‌ای مختصر اما جامع و نوین در زمینه حذف کربن دی اکسید همت گماریم. کتاب حاضر برگرفته از ده‌ها عنوان کتاب معتبر بین‌المللی و صدها مقاله علمی منتشر شده در این موضوع است. ما بر این باوریم که نگارش یک کتاب جامع درباره موضوعی به این گستردگی، کار بسیار مشکلی است. از طرف دیگر تحقیقات گسترده و جدید در این زمینه، حدودت دیگری برای این عمل ایجاد می‌کنند، بنابراین ما در این اثر تنها به دو موضوع اصلی عمر، با کیفیت، پایداری و مثال‌های عمومی که طبیعت کلی قضیه را نشان می‌دهند، می‌پردازیم. این دو موضوع اصلی فرایندهای جذبی و غشایی هستند، به دلیل اینکه حجم بسیار زیادی از تحقیقات اخیر، منظور حذف کربن دی اکسید در این دو زمینه صورت گرفته است.

این مجموعه شامل ۹ فصل است، که در فصل اول آن مفاهیم اولیه و دلایل اهمیت توجه به محیط زیست بیان شده است. در فصل دوم فرایندهای جذبی و انواع مواد استفاده شده به این منظور بررسی شده است. به دلیل اهمیت چارچوب‌های فلزآلی در حذف کربن دی اکسید در فصل‌های سوم و چهارم به صورت مفصل به مفاهیم اولیه این مواد متخلخل و همچنین پیشرفت‌های اخیر در زمینه آنها پرداخته شده است. اگرچه فرایندهای غشایی در مقایسه با دیگر فرایندهای جداسازی از عمر کمتری برخوردار هستند، اما توانسته‌اند حجم قابل توجهی

از تحقیقات و همچنین بازار جهانی را به خود اختصاص دهند، به همین دلیل در ۵ فصل باقیمانده به صورت مفصل به توضیح مفاهیم اولیه غشاء و فرایندهای غشایی پرداخته می شود. از آنجا که خواص مواد در ابعاد نانو به نحو شگرفی تغییر می کند، نانوفناوری پنجره های جدید به دنیای علم باز کرده است، که محصول آن امکان ساخت مواد و تجهیزاتی با کارایی بالاتر را ایجاد می کند. به همین دلیل، در هر بخش سعی شده است تا پیشرفت های اخیر استفاده شده از نانومواد به منظور بهبود روش های جداسازی بیان شود.

هدف این مجموعه آشنایی دانشجویان و صنعتگران فعال در این زمینه با فرایندهای جداسازی و پیشرفت های اخیر در این راستا است. امید است که این اثر در پیشگاه ایزد منان مقبول گردد، و مورد ساینده های اندیشمندان، پژوهشگران و علاقه مندان در این زمینه باشد. و در نتیجه در بهبود و ارتقاء کیفیت زندگی بشر و حفظ محیط زیست مؤثر واقع گردد. علی رغم تمامی تلاش های صورت گرفته در تدوین این مجموعه، لازم به ذکر است که این اثر نمی تواند خالی از اشکال باشد، لذا صمیمانه برای بازبینی و ارائه نقطه نظرات ارزشمند خوانندگان محترم این اثر به منظور بهبود هر چه بهتر آن می بایستیم. پایان از تمامی دوستانی که ما را در تدوین این مجموعه یاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را داریم.