
نانو کاتالیست‌ها
کاربرد نانوفناوری در کاتالیزگری

سعید صاحب‌دل‌فر
مهران رضایی
فریدون یاری‌پور

www.ketab.ir



نشر کتاب دانشگاهی

سرشناسه	صاحب‌دل‌فر، سعید، ۱۳۴۴ -
عنوان و نام پدیدآور	نانو کاتالیست‌ها: کاربرد نانوفناوری در کاتالیزگری / سعید صاحب‌دل‌فر، مهران رضایی، فریدون یاری‌پور، تهران: نشر کتاب دانشگاهی، ۱۳۹۰.
مشخصات نشر	۳۶۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
مشخصات ظاهری	شابک 978-600-5107-47-0
شابک	
وضعیت فهرست‌نویسی	فیبیا.
یادداشت	واژه‌نامه.
یادداشت	کتابنامه.
عنوان دیگر	کاربرد نانوفناوری در کاتالیزگری.
موضوع	کاتالیز.
موضوع	مواد نانو ساختار.
شناسه افزوده	رضایی، مهران، ۱۳۵۶ -
شناسه افزوده	یاری‌پور، فریدون، ۱۳۵۴ -
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۰ ص ۲ / ک ۳۶۸ TP۱۵۶
رده‌بندی دیویی	۶۶۰ / ۲۹۹۵
شماره کتاب‌شناسی ملی	۲۴۲۳۰۳۸



نشر کتاب دانشگاهی

نانو کاتالیست‌ها

کاربرد نانوفناوری در کاتالیزگری

سعید صاحب‌دل‌فر

مهران رضایی

فریدون یاری‌پور

آماده‌سازی پیش از انتشار

فرزانه فرزانیان، مهسا زینالی

چاپ اول ۱۳۹۰

لیتوگرافی مهران‌نگار

چاپ روناس

صحافی کتیبه

تعداد صفحات ۳۶۸، وزیری

۱۰۰۰ نسخه

۸۰۰۰ تومان

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۵۱۰۷-۴۷-۰ ISBN 978-600-5107-47-0

ΞCΞΞ

مرکز پخش: شماره ۸۷ خیابان بزرگمهر، بین وصال و قدس، تلفکس ۶۶۴۶۷۲۲۶
فروشگاه روز نو: شماره ۱۲۰۲ خیابان انقلاب، بین فخررازی و دانشگاه، تلفکس ۶۶۹۵۰۵۲۰
Website: www.ketabedanehshgahi.com E-mail: info@ketabedanehshgahi.com

حقوق چاپ و نشر دائم این اثر محفوظ و مخصوص نشر کتاب دانشگاهی است.

پیش‌گفتار

اول دفتر به نام ایزد دانا
صانع و پروردگار حی توانا
(سعدی)

زمینه نانوکاتالیزگری در ابتدا با کشف فعالیت کاتالیستی بسیار بالای نانوذرات طلا که در حالت توده یک فلز بی‌اثر و نجیب شناخته می‌شد مورد توجه قرار گرفت. پیش از آن اثرهای مربوط به افزایش سرعت واکنش‌های کاتالیستی ناهمگن با کاهش اندازه از راه افزایش سطح فعال و همچنین واکنش‌های حساس به ساختار شناخته شده بودند، ولی تصور نمی‌شد که کاهش ابعاد ذرات در حد نانومتر چنین تأثیر شگرفی بر فعالیت کاتالیستی داشته باشد. پیشرفت در این زمینه چنان سریع بوده است که پس از گذشت مدت کوتاهی کتاب‌هایی با موضوع کاتالیزگری طلا نگاشته شده‌اند.

با وجود این پیشرفت‌ها، متأسفانه در کشور جای کتابی در زمینه نانوکاتالیست‌ها، که برای دانشجویان، پژوهش‌گران و مهندسان مفید باشد، خالی بود. هدف از نگارش این کتاب معرفی نانوکاتالیزگری و مراجع آن و ارائه رهنمودهای مناسب برای بررسی دقیق‌تر و پیشرفته‌تر این موضوع است.

این کتاب در هفت فصل تهیه شده است. فصل اول شامل تعاریف اولیه به‌ویژه فضای نانو است که برای درک مطالب دیگر فصل‌ها مفید می‌نماید. در فصل دوم روش‌های ساخت نانوذرات با کاربرد کاتالیستی معرفی می‌شود. با توجه به این که خواص و عملکرد کاتالیست طی مرحله ساخت آن شکل می‌گیرد، آشنایی با روش‌های ساخت برای دستیابی به یک فرمولاسیون مناسب برای کاتالیست لازم است. در فصل سوم از روش‌های تعیین مشخصات نانوکاتالیست‌ها بحث می‌شود. هرچند طی روش ساخت تلاش بر این است با انتخاب مواد اولیه، روش و شرایط عملیاتی مناسب محصول مطلوب ساخته شود، آزمون‌های شناسایی، راه تأیید نانوکاتالیستی نهایی است. این روش هم‌چنین در شناسایی سازوکار و سینتیک واکنش‌های نانوکاتالیستی اهمیت دارند. فصل چهارم شامل بررسی سازوکار واکنش‌های نانوکاتالیستی است. در این فصل مفاهیمی مانند اثرهای کوانتومی ابعاد، که در کاتالیزگری سنتی کم‌تر با آن برخورد می‌شود، برای تفسیر رفتار نانوذرات کاتالیستی مورد توجه قرار می‌گیرند.

با توجه به گسترش استفاده از رایانه‌ها در مدل‌سازی واکنش‌های شیمیایی به‌ویژه واکنش‌های نانوکاتالیستی، فصل پنجم به بررسی این روش‌ها اختصاص یافته است. چون مواد نانو ساختار مهندسی شده اخیراً وارد زندگی انسان شده‌اند و در مورد آثار جانبی آن‌ها بر تندرستی و محیط زیست نگرانی‌هایی وجود دارد، در فصل ششم اثرهای بهداشتی و زیست‌محیطی این مواد بررسی می‌شود. این مطالب کم‌تر در کتاب‌های مربوط به حوزه نانوفناری یافت می‌شوند، اما دانستن آن‌ها برای پژوهش‌گران این زمینه اهمیت

زیادی دارد. فصل هفتم در واقع جمع‌بندی و مرور مطالب فصل‌های پیشین در قالب یک مطالعه موردی است که نگارندگان در مورد آن به نتایج مهمی رسیده‌اند. در این فصل می‌بینیم که چگونه با استفاده از یک کاتالیست نیکل بر پایه نانوپودر اکسید زیرکونیم، مشکلات مربوط به پایداری کاتالیست در ریفرمینگ خشک، که واکنشی با پتانسیل کاربرد صنعتی بالاست، حل و به یک کاتالیست فعال و پایدار منجر می‌شود. نگارندگان از همه کسانی که در تهیه این کتاب به آنان یاری رسانده‌اند، به‌ویژه از سرکار خانم دکتر مهتاب غریبی برای مطالعه فصل پنجم و پیشنهادهای مفید ایشان، سپاس‌گزاری می‌کنند.

دکتر سمید صاحب‌دل‌فر، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی

دکتر مهران رضایی، گروه مهندسی شیمی دانشگاه کاشان

دکتر فریدون یاری‌پور، شرکت پژوهش و فناوری پتروشیمی

مرداد ۹۰

www.ketab.ir

فهرست

فصل اول نانوفناوری در کاتالیزگری

۱-۱	مقدمه	۲
۲-۱	نانوذرات در کاتالیزگری	۳
۱-۲-۱	تعریف	۶
۲-۲-۱	تاریخچه	۶
۳-۱	اثر اندازه	۱۰
۱-۳-۱	اثر ترمودینامیکی	۱۲
۲-۳-۱	اثرهای ساختاری	۱۲
۴-۱	روش‌های تهیه	۱۷
۱-۴-۱	فناوری کتونی ساخت نانوکاتالیست‌ها	۱۸
۲-۴-۱	نقش پایه	۲۲
۳-۴-۱	کاتالیست‌های نانوذره دوفلزی	۲۲
۴-۴-۱	روش‌های سنتز	۲۴
۵-۱	روش‌های شناسایی	۳۴
۱-۵-۱	شناسایی ساختار	۳۶
۶-۱	پایداری، غیرفعال شدن و بازیابی	۳۸
۷-۱	پژوهش در نانوکاتالیزگری	۳۸
۸-۱	کاربردهای عملی و بالقوه	۴۳
۹-۱	نیازهای پژوهش آینده	۴۴
۱۰-۱	نتیجه‌گیری	۴۶
۴۷	منابع	

فصل دوم سنتز و ساخت نانوکاتالیست‌ها

۱-۲	مقدمه	۵۳
۲-۲	روش‌های سنتز نانوذرات	۵۴
۱-۲-۲	روش فاز جامد	۵۴
۲-۲-۲	روش فاز گازی	۵۵
۳-۲-۲	روش‌های فاز مایع	۶۲
۳-۲	کاتالیست‌های شبه‌همگن	۷۴
۱-۳-۲	تشکیل و پایدارسازی کلوئیدهای فلزات واسطه	۷۴
۲-۳-۲	سنتز نانوذرات فلزی	۷۹

۸۹	۴-۲ تهیه نانوذرات تثبیت شده روی پایه جامد
۸۹	۱-۴-۲ جذب سطحی نانوذرات روی پایه
۹۰	۲-۴-۲ پیوندزنی کلونیدها روی پایه
۹۱	۵-۲ نانوذرات متداول مورد استفاده
۹۱	۱-۵-۲ نانوذرات نیکل روی کره های توخالی آلومینا
۹۵	۲-۵-۲ نانوذرات طلا
۱۱۰	۶-۲ سنتز و اصلاح زنولیت ها
۱۱۰	۱-۶-۲ سنتز زنولیت ZSM-5
۱۱۲	۲-۶-۲ سنتز SAPO-34
۱۱۲	۳-۶-۲ اصلاح خواص
۱۱۳	۷-۲ سنتز نانولوله کربنی
۱۱۵	۱-۷-۲ کاتالیست های سنتز نانولوله کربن
۱۱۵	۲-۷-۲ سازوکار رشد نانولوله ها
۱۱۷	۳-۷-۲ سامانه راکتوری
۱۱۸	۸-۲ نتیجه گیری
۱۱۹	منابع

فصل سوم روش های شناسایی و تعیین مشخصات نانوکاتالیست ها

۱۲۷	۱-۳ مقدمه
۱۲۸	۲-۳ طبقه بندی روش های تعیین مشخصات نانوکاتالیست ها
۱۲۹	۱-۲-۳ خواص فیزیکی و ریخت شناسی سطح
۱۳۰	۲-۲-۳ خواص شیمیایی سطح
۱۳۰	۳-۲-۳ خواص شیمیایی توده
۱۳۱	۳-۳ مساحت سطح و مشخصات تخلخل
۱۳۳	۱-۳-۳ ایزوترم های جذب
۱۳۴	۲-۳-۳ انواع حفره ها در جامدات متخلخل
۱۳۶	۳-۳-۳ کاربرد ایزوترم های جذب
۱۳۷	۴-۳-۳ اندازه گیری مساحت سطح به روش BET
۱۴۰	۵-۳-۳ توزیع اندازه خلل و فرج
۱۴۳	۶-۳-۳ توزیع اندازه ذرات
۱۴۴	۷-۳-۳ مثال هایی از اندازه گیری مساحت سطح به روش BET و توزیع حفره ها به روش BJH
۱۴۹	۴-۳ پراش سنجی پرتوی X (XRD)
۱۵۲	۵-۳ روش های آنالیز عنصری
۱۵۲	۱-۵-۳ طیف سنجی فلورسانس پرتوی X
۱۵۳	۲-۵-۳ جفت شدن القایی پلاسما
۱۵۳	۳-۵-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی

۱۵۴	۶-۳ روش‌های برنامه‌ریزی‌شده دمایی برای تعیین مشخصات شیمیایی سطح
۱۵۵	۱۶-۳ احیا به روش برنامه‌ریزی دمایی (TPR)
۱۵۶	۲-۶-۳ واجذب با برنامه‌ریزی دمایی (TPD)
۱۵۹	۳-۶-۳ جذب شیمیایی
۱۶۱	۷-۳ طیف‌سنجی تبدیل فوری مادون قرمز (FT-IR)
۱۶۱	۱-۷-۳ اساس طیف‌سنجی FT-IR
۱۶۲	۲-۷-۳ کاربردها
۱۶۳	۸-۳ طیف‌سنجی رامان
۱۶۴	۹-۳ طیف‌بینی ساختار ظریف بسط‌یافته جذب پرتوی X
۱۶۵	۱۰-۳ روش‌های تصویربرداری
۱۶۶	۱-۱۰-۳ میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی (SEM)
۱۷۱	۲-۱۰-۳ میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری (TEM)
۱۷۳	۳-۱۰-۳ میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
۱۷۶	۱۱-۳ نتیجه‌گیری
۱۷۷	منابع

فصل چهارم سازوکار و سینتیک واکنش‌های نانوکاتالیستی

۱۷۹	۱-۴ مقدمه
۱۸۱	۲-۴ بررسی ترمودینامیکی اثر اندازه ذره
۱۸۱	۱-۲-۴ اثر اندازه نانوذره بر پتانسیل شیمیایی آن
۱۸۳	۲-۲-۴ تحلیل ترمودینامیکی اثر اندازه ذره بر سینتیک واکنش‌ها روی نانوذرات
۱۸۹	۳-۲-۴ وابستگی نظام‌های سینتیکی به اندازه ذره
۱۹۴	۴-۲-۴ وابستگی گزینش‌پذیری به اندازه ذرات
۱۹۷	۳-۴ پارامترهای مؤثر بر فعالیت کاتالیستی
۱۹۷	۱-۳-۴ اثرهای اندازه
۲۰۰	۲-۳-۴ اثرهای ابعاد کوانتومی
۲۰۲	۳-۳-۴ اثرهای هندسی
۲۰۲	۴-۳-۴ اثرهای پایه
۲۰۵	۵-۳-۴ اثرهای آلیاژسازی
۲۰۶	۴-۴ جایگاه فعال و سازوکار
۲۰۷	۱-۴-۴ مدل‌های واکنشی فلز روی پایه
۲۱۳	۲-۴-۴ کاتالیزگری اکسایش کربن مونوکسید
۲۱۸	۵-۴ جذب شیمیایی
۲۲۴	۶-۴ روابط سینتیکی
۲۲۷	۷-۴ نتیجه‌گیری
۲۲۸	منابع

فصل پنجم روش‌های محاسباتی و شبیه‌سازی

۲۳۱	۱-۵ مقدمه
۲۳۲	۲-۵ روش‌های محاسباتی
۲۳۹	۳-۵ کاربردهای مدل‌سازی
۲۳۹	۱-۳-۵ کاربرد در محاسبات سیتیکی
۲۵۶	۲-۳-۵ کاربرد در ساختار ذرات
۲۵۷	۴-۵ نرم‌افزارهای محاسباتی و شبیه‌سازی
۲۵۹	۵-۵ نتیجه‌گیری
۲۶۰	منابع

فصل ششم موارد بهداشتی، ایمنی و محیط زیست

۲۶۳	۱-۶ مقدمه
۲۶۴	۲-۶ نانو سم‌شناسی
۲۶۵	۳-۶ دلایل خطرناک بودن نانومواد
۲۷۵	۴-۶ ارزیابی و شناسایی خطرها
۲۷۲	۵-۶ بوم سم‌شناسی
۲۷۵	۶-۶ اثر برخی نانومواد بر مصرف
۲۷۹	۷-۶ قوانین محیطی موجود
۲۸۰	۸-۶ نتایج و پیشنهادها
۲۸۱	منابع

فصل هفتم ریفرمینگ خشک متان روی نیکل بر نانوپودر اکسید زیرکونیم

۲۸۵	۱-۷ مقدمه
۲۸۵	۲-۷ ریفرمینگ متان برای تولید گاز سستز
۲۹۱	۳-۷ اکسید زیرکونیم نانوکریستالی
۲۹۲	۱-۳-۷ روش‌های تهیه پودر ترکیبات اکسید زیرکونیم نانوکریستالی
۳۰۷	۲-۳-۷ سازوکار تأثیر ماده فعال سطحی
۳۱۱	۳-۳-۷ اثر افزودنی‌ها
۳۱۳	۴-۷ تهیه و ساخت نانوکاتالیست‌های نیکل و فلزات نجیب روی پایه
۳۴۶	۵-۷ نتیجه‌گیری
۳۴۷	منابع
۳۵۱	واژه‌نامه