





دانشکده علوم پایه
کارشناسی ارشد شیمی (گرایش شیمی فیزیک)

ساخت و ارزیابی کاتالیست جامد بازی اکسید منیزیم بر روی پایه های
مختلف و بررسی فعالیت کاتالیزوری آن در واکنش تبادل استری برای تولید
سوخت طبیعی بیودیزل

پژوهشگر
حامد علی اکبری

اساتید راهنما
دکتر وحید مهدوی
دکتر علیرضا صلابت

دانشگاه اراک

مهر ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

ساخت و ارزیابی کاتالیست باز جامد اکسید منیزیم بر روی پایه های مختلف و بررسی فعالیت

کاتالیزوری آن در واکنش تبادل استری برای تولید سوخت بیودیزل

توسط:

حامد علی اکبری

پایان نامه

ارائه شده به مدیریت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ

درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی - گرایش شیمی فیزیک

دانشگاه اراک

ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی.....

دکتر وحید مهدوی (استاد راهنما).....

دکتر علیرضا صلابت (استاد راهنما).....

دکتر محمد سلیمان نژاد (داور).....

دکتر عبدالرضا مقدسی (داور).....

مهر ۱۳۹۲

تقدیم بہ مہربان فرشتگانی کہ:

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربہ ہائی کیلنا و زیبای زندگی، مدیون حضور سبز آہناست

تقدیم بہ خانوادہ عزیزم.

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او مانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او مانند و کوشندگان، حق او را گزارش کردن نتوانند. و سلام و دورود

بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان و مدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بردشمنان ایشان تا روز

رستاخیز... بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، بازبان قاصود دست

ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تا این می کند و سلامت امانت

هایی را که به دستش سپرده اند. از استاد گرانقدر و شایسته؛ جناب آقای دکتر وحید مهدوی که در کمال سه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ گلی

در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ و همچنین از استاد صبور و خوشرو، جناب آقای دکتر علیرضا

صلابت، که ایشان نیز مرا در مسیر موفقیت همراهی کردند صمیمانه تشکر می کنم. از استاد خوب دیکرم دکتر محمد سلیمان نژاد که زحمت اسادی من

در طول تحصیل و داوری این پایان نامه را متقبل شدند هم سپاس گذاری می کنم و از دکتر عبدالرضا مقدسی نیز که ایشان هم داوری این

پایان نامه را پذیرفتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

در این پایان نامه در مرحله اول، کاتالیزور بازی جامد MgO/Al_2O_3 با نسبت های مولی $0/1$ ، $0/2$ ، $0/3$ ، ... و 1 به وسیله روش هم رسوبی در محیط بازی تهیه شد و در دمای $700^\circ C$ به مدت 4 ساعت کلسینه گردید. این کاتالیزورها از لحاظ ساختاری با تکنیک های $FT-IR$, DTG , SEM , XRD مورد بررسی قرار گرفتند. الگوی XRD برای MgO/Al_2O_3 کلسینه شده و با نسبت مولی $0/25$ از Mg/Al در مکان (2θ) 42° ، پیک بسیار واضحی را از MgO نشان می دهد. علاوه بر این در طیف $FT-IR$ این کاتالیزورها حضور گونه های کربنات آشکار است. همه این کاتالیزورها در واکنش تبادل استری بوتیل استات با متانول در دمای $75^\circ C$ و فشار یک اتمسفر بررسی شدند. در واقع این واکنش به عنوان یک مدل و الگوی ساده مورد استفاده قرار گرفت تا در آن قدرت بازی کاتالیزورها، برای انجام واکنش تبادل استری و در نهایت تولید بیودیزل ارزیابی شود. در نهایت بالاترین فعالیت به کاتالیزور MgO/Al_2O_3 با نسبت مولی $0/25$ اختصاص داشت که دارای بازده 55% بود. در این کار تاثیر شرایط آماده سازی بر روی فعالیت کاتالیزور، از قبیل دمای بهینه کلسینه، نسبت مولی بهینه MgO/Al_2O_3 و هم چنین نسبت های مختلف $MeOH/ButOAc$ به طور دقیق مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این اثر نسبت مولی متانول به بوتیل استات، مقدار کاتالیزور، دمای واکنش، زمان واکنش و زمان فعال سازی بررسی شد. در پایان از روغن سرخ کردنی به عنوان نمونه طبیعی استفاده شد. بازده تولید بیودیزل در حضور روغن سرخ کردنی 86% درصد بود که بازده رضایت بخشی است.

این گروه از کاتالیزورهای بازی، فعالیت مناسبی را تحت یک واکنش کاتالیزوری ناهمگن برای تولید بیودیزل از خود نشان می دهند. جداسازی راحت کاتالیزور از مخلوط واکنش و عدم نیاز به مراحل خالص سازی و خنثی سازی از مزیت های بسیار مهم این گونه فرایند های ناهمگن است.

فصل اول کاتالیزورها و طبقه بندی آنها	۱
۱-۱ کاتالیزورها	۲
۲-۱ طبقه بندی کاتالیزورها	۲
۳-۱ نانو کاتالیست ها	۵
۱-۳-۱ نانو کاتالیست ها با رفتار همگن	۵
۲-۳-۱ نانو کاتالیست ها با رفتار نا همگن	۵
۴-۱ ویژگی های نانو کاتالیست ها	۶
۱-۴-۱ حداکثر سطح فعال به ازای واحد جرم و حجم	۶
۲-۴-۱ شکل و اندازه قابل کنترل	۶
۳-۴-۱ قابلیت جداسازی از مخلوط واکنش	۷
۴-۴-۱ گزینش پذیری و بازدهی بالا	۷
۵-۴-۱ استعداد کلوخه ای شدن	۸
۶-۴-۱ تنوع بالا و قابلیت اصلاح شیمیایی	۸
۷-۴-۱ منبع تهیه	۹
۵-۱ روش های استفاده از نانو کاتالیست های فلزی	۹
۱-۵-۱ ساختار پوسته - هسته	۹
۲-۵-۱ استفاده از مواد متخلخل بعنوان بستر	۱۰
۳-۵-۱ نانو ذرات دو فلزی	۱۰
۴-۵-۱ نانو خوشه های دو فلزی	۱۰
۵-۵-۱ استفاده از بستر اکسید فلزی	۱۰

- ۱-۵-۶ استفاده از گروه های آلی ۱۰
- ۱-۵-۷ استفاده از ترکیبات کمپلکس ۱۱
- ۱-۵-۸ جایگزینی فلزات کم بها ۱۱
- ۱-۵-۹ استفاده از درخت سان ۱۲
- ۱-۵-۱۰ استفاده از نانو ساختارهای متفاوت ۱۲
- ۱-۶ کاتالیز ناهمگن ۱۴
- ۱-۷ مکانیسم های کاتالیز نا همگن ۱۶
- ۱-۸ ویژگی های کاتالیزورهای نا همگن ۱۹
- ۱-۸-۱ فعالیت ۱۹
- ۱-۸-۲ گزینش پذیری ۲۰
- ۱-۸-۳ پایداری ۲۰
- ۱-۸-۳-الف- عوامل داخلی ۲۰
- ۱-۸-۳-ب- عوامل خارجی ۲۱
- ۱-۹ غیر فعال شدن کاتالیزورها ۲۱

فصل دوم کاتالیزورهای جامد بازی نا همگن و کاربردهای آنها ۲۳

- ۲-۱ واکنش تبادل استری ۲۴
- ۲-۲ کاتالیزورهای جامد بازی نا همگن ۲۴
- ۲-۳ تولید مکان های بازی ۲۵
- ۲-۴ کاتالیزورهای جامد بازی ۲۸
- ۲-۴-۱ اکسیدهای فلزی ۲۹
- ۲-۴-۲ کاتالیزورهای بازی پایه دار ۳۰

- ۳۰..... ۵-۲ مکانیسم های واکنشها بر روی کاتالیزورهای جامد بازی
- ۳۱..... ۱-۵-۲ ایزومریزاسیون ۱- بوتن
- ۳۲..... ۲-۵-۲ مکانیسم تبادل استری توسط کاتالیزور جامد اسیدی
- ۳۳..... ۳-۵-۲ مکانیسم تبادل استری توسط کاتالیزور جامد بازی
- ۳۵..... ۶-۲ کاربردهای کاتالیست های جامد بازی
- ۳۵..... ۱-۶-۲ آمیناسیون
- ۳۶..... ۲-۶-۲ تراکم آلدولی
- ۳۶..... ۳-۶-۲ واکنش نیترو آلدول
- ۳۷..... ۴-۶-۲ آلکیلاسیون فنول با متانول
- ۳۷..... ۷-۲ بیودیزل چیست ؟
- ۳۸..... ۱-۷-۲ بیودیزل چگونه ساخته می شود؟
- ۳۹..... ۲-۷-۲ تاثیرات بیودیزل بر طبیعت
- ۳۹..... ۳-۷-۲ ویژگی های فیزیکی بیودیزل
- ۳۹..... ۴-۷-۲ فرآورده های جانبی بیودیزل
- ۴۰..... ۸-۲ کاتالیزورهای سوپر باز جامد
- ۴۲..... ۱-۸-۲ شناسایی کاتالیزور $MgO-SnO_2$
- ۴۲..... ۱-۸-۲ الف - روش شناساگر Hammet
- ۴۳..... ۱-۸-۲ ب- طیف XRD
- ۴۴..... ۱-۸-۲ ج- SEM
- ۴۵..... فصل سوم روشهای تجربی
- ۴۶..... ۱-۳ مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده در آزمایشگاه

- ۲-۳ تهیه پایه Al_2O_3 ۴۶
- ۳-۳ تهیه کاتالیزور MgO/Al_2O_3 به روش همرسوبی ۴۶
- ۴-۳ تهیه کاتالیزور MgO/Al_2O_3 به روش تلقیح ۴۷
- ۵-۳ تهیه کاتالیزور MgO/SiO_2 ۴۷
- ۶-۳ تهیه کاتالیزور MgO/HMS به روش تلقیح ۴۷
- ۷-۳ انجام واکنش تبادل استری ۴۸
- ۸-۳ بررسی متغیرهای موثر بر فعالیت کاتالیزوری واکنش تبادل استری ۴۸
- ۱-۸-۳ اثر زمان ۴۸
- ۲-۸-۳ اثر نسبت های مولی $ButOAc / MeOH$ ۴۹
- ۳-۸-۳ اثر مقدار کاتالیزور ۴۹
- ۴-۸-۳ اثر دما ۴۹
- ۵-۸-۳ واکنش تبادل استری با روغن طبیعی ۴۹
- ۹-۳ تعیین ویژگی و خصوصیات ساختاری کاتالیزور ۴۹
- ۱۰-۳ آنالیز محصولات و شرایط آن ۵۰
- ۱۱-۳ ضریب تصحیح ۵۰

فصل چهارم بحث و نتیجه گیری	۵۲
۱-۴ تعیین ویژگی و خصوصیات ساختاری کاتالیزورها	۵۳
۱-۱-۴ مطالعه تکنیک SEM و مورفولوژی و اندازه ذرات کاتالیزور MgO/Al_2O_3	۵۳
۲-۱-۴ بررسی آنالیز حرارتی کاتالیزور MgO/Al_2O_3	۵۵
۳-۱-۴ بررسی طیف پراش پرتو (XRD) کاتالیزور MgO/Al_2O_3	۵۶
۴-۱-۴ بررسی طیف مادون قرمز (IR) کاتالیزور MgO/Al_2O_3	۵۸
۲-۴ تست رآکتوری کاتالیزور	۶۱
۱-۲-۴ تعیین نسبت مولی بهینه کاتالیزور- پایه	۶۱
۲-۲-۴ تعیین دمای کلسینه بهینه کاتالیزور- پایه	۶۲
۳-۴ بررسی متغیرهای موثر بر واکنش تبادل استری	۶۳
۱-۳-۴ اثر زمان	۶۳
۲-۳-۴ اثر نسبت مولی $ButOAc / MeOH$	۶۵
۳-۳-۴ اثر مقدار کاتالیزور	۶۵
۴-۳-۴ اثر دما	۶۶
۵-۳-۴ واکنش تبادل استری با روغن طبیعی	۶۸
۴-۴ نتیجه گیری	۶۹
منابع	۷۰

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول (۱-۱) انرژی های فعال سازی واکنشهای کاتالیز شده	۱۶.....
جدول (۱-۲) کاتالیزورهای جامد بازی	۲۸.....
جدول (۲-۲) اثر نسبت مولی Sn/Mg روی بازیسیته MgO-SnO ₂	۴۳.....
جدول (۱-۳) روش محاسبه ضریب FID	۵۱.....
جدول (۱-۴) درصد تبدیل بوتانول بر حسب نسبت مولی MgO/Al ₂ O ₃	۶۱.....
جدول (۲-۴) درصد تبدیل بوتانول بر حسب دمای کلسینه بهینه کاتالیزور MgO/Al ₂ O ₃	۶۳.....
جدول (۳-۴) نتایج درصد تبدیل بوتانول بر حسب زمان در دماهای مختلف	۶۴.....
جدول (۴-۴) درصد تبدیل بوتانول بر حسب نسبتهای مولی مختلف در دمای ۲۵	۶۵.....
جدول (۵-۴) درصد تبدیل بوتانول بر حسب مقدار گرم کاتالیزور در دمای ۲۵ و نسبت ۱/۵	۶۶.....
جدول (۶-۴) درصد تبدیل بوتانول بر حسب مقدار گرم کاتالیزور در دمای ۲۵ و نسبت ۱/۷	۶۶.....
جدول (۷-۴) درصد تبدیل بوتانول بر حسب دمای واکنش و نسبت مولی ۱/۷	۶۷.....
جدول (۸-۴) درصد تبدیل بوتانول بر حسب دمای واکنش و نسبت مولی ۱/۱۰ و مقدار gI	۶۷.....
۰/۱ کاتالیزور	۶۷.....
جدول (۹-۴) درصد بازده بیودیزل تولیدی از روغن طبیعی توسط کاتالیزور	۶۸.....

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل (۱-۱) نانوکاتالیست پلی بین کاتالیست همگن و ناهمگن با حفظ مزایای هر دو آنها.....	۴
شکل (۲-۱) بیشینه فعالیت شیمیایی کاتالیست ناهمگن، در ابعاد نانو	۶
شکل (۳-۱) بر اساس محاسبات رایانه، خوشه پلاتین با ۶۱۱ اتم (قطر ۳ نانومتر)	۷
شکل (۴-۱) ویژگی های اصلی نانوکاتالیست	۸
شکل (۱-۵-الف) استفاده از نانوذرات در مواد متخلخل و اتصال به ترکیب کمپلکس	۱۲
شکل (۱-۵-ب) اتصال نانوذره مغناطیسی به ترکیب کمپلکس	۱۳
شکل (۱-۵-ج) استفاده از گروه آلی دوپامین به عنوان واسطه اتصال	۱۳
شکل (۱-۵-د) استفاده از درخت سان	۱۴
شکل (۶-۱) نمودار انرژی فعال سازی واکنش های کاتالیز شده	۱۵
شکل (۱-۲) خروج H_2O و CO_2 بصورت تابعی از دمای خروج گاز	۲۵
شکل (۲-۲) یونهای با اعداد کئوردیناسیون پایین روی سطح MgO	۲۶
شکل (۳-۲) تغییرات فعالیت MgO بعنوان تابعی از دمای پیش فعالسازی	۲۷
شکل (۴-۲) مکانیسم ایزومریزاسیون ۱- بوتن	۳۱
شکل (۵-۲) مکانیسم کاتالیز شده اسیدی واکنش تبادل استری	۳۳
شکل (۶-۲) مکانیسم کاتالیز شده بازی واکنش تبادل استری	۳۴
شکل (۷-۲) واکنش تهیه بیودیزل از روغن طبیعی	۴۰
شکل (۸-۲) نمودار تهیه MgO/SnO_2	۴۲
شکل (۹-۲) الگوی XRD کاتالیزور $MgO-SnO_2$	۴۳
شکل (۱۰-۲) تصویر SEM، $MgO-SnO_2$ -a با استفاده از الگوی P123 و b- بدون استفاده از الگوی P123.....	۴۴

- شکل (۱-۴) SEM کاتالیزور با نسبت مولی MgO/Al_2O_3 ۰/۲ با بزرگنمایی ۱۰۰۰۰.....۵۳
- شکل (۲-۴) SEM کاتالیزور با نسبت مولی MgO/Al_2O_3 ۰/۲۵ با بزرگنمایی ۱۰۰۰۰.....۵۳
- شکل (۳-۴) SEM کاتالیزور با نسبت مولی MgO/Al_2O_3 ۰/۳ با بزرگنمایی ۱۰۰۰۰.....۵۴
- شکل (۴-۴) SEM کاتالیزور با نسبت مولی MgO/Al_2O_3 ۰/۲۵ با بزرگنمایی ۷۵۰.....۵۴
- شکل (۵-۴) نمودار TGA کاتالیزور MgO/Al_2O_3 با نسبت مولی ۰/۲۵.....۵۵
- شکل (۶-۴) نمودار DSC کاتالیزور MgO/Al_2O_3 با نسبت مولی ۰/۲۵.....۵۶
- شکل (۷-۴) نمودار DTG کاتالیزور MgO/Al_2O_3 با نسبت مولی ۰/۲۵.....۵۶
- شکل (۸-۴) طیف XRD کاتالیزور MgO/Al_2O_3 با نسبت مولی ۰/۲.....۵۷
- شکل (۹-۴) طیف XRD کاتالیزور MgO/Al_2O_3 با نسبت مولی ۰/۲۵.....۵۷
- شکل (۱۰-۴) طیف XRD کاتالیزور MgO/Al_2O_3 با نسبت مولی ۰/۳.....۵۸
- شکل (۱۱-۴) (a) طیف IR کاتالیزور MgO/Al_2O_3 قبل از کلسینه شدن.....۵۹
- شکل (۱۱-۴) (b) طیف IR کاتالیزور MgO/Al_2O_3 بعد از کلسینه شدن.....۵۹
- شکل (۱۲-۴) (a) طیف IR کاتالیزور MgO/HMS - قبل از کلسینه شدن.....۶۰
- شکل (۱۲-۴) (b) طیف IR کاتالیزور MgO/HMS - بعد از کلسینه شدن.....۶۰
- شکل (۱۳-۴) نمودار درصد تبدیل بر حسب نسبت مولی MgO/Al_2O_3۶۲
- شکل (۱۴-۴) نمودار درصد تبدیل بر حسب دمای کلسینه MgO/Al_2O_3۶۳
- شکل (۱۵-۴) نمودار درصد تبدیل بر حسب زمان واکنش.....۶۴

نیاز روز افزون جهان به منابع جدید انرژی بویژه در بخش حمل و نقل امروزه یکی از مشکلات اساسی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه می باشد. به عبارتی این مشکل همانند دهه های گذشته تنها به کشورهای وارد کننده نفت اختصاص نداشته و حتی تولیدکنندگان بزرگ نفت از جمله کشور خودمان نیز مشکلات متعددی در زمینه تهیه سوخت روبرو می باشند.

کشور ما بخاطر برخوردار بودن از ذخایر نفتی و گازی در منطقه، صنعت پتروشیمی از جایگاه مهمی برخوردار است. در کنار فاکتورهایی مانند: در دسترس بودن مواد اولیه مورد نیاز، پایین بودن هزینه های خرید مواد، دستمزد کارگران و کارفرمایان، هزینه انبارداری، ساخت و ساز و تجهیز واحد پتروشیمی و ... یکی از نیازهای اجتناب ناپذیر مجتمع های پتروشیمی، کاتالیزورهای مورد نیازی است که برای فرآیندهای متنوعی که روزانه در این واحدها در حال انجام می باشد. دفع مواد غیرقابل استفاده (پسابهای صنعتی) حاصل از فرآیندهای شیمیایی که اکثرا بد بو و برای محیط زیست انسانها کاملا مضر می باشند به یکی از دغدغه های بزرگ انسانها برای حل این مشکل تبدیل شده است.

از طرفی پروسه طولانی تولید سوخته های فسیلی و هزینه گزاف بازیافت این سوخت ها و مسئله ذخیره سوخته های فسیلی برای نسلهای آینده و از طرف دیگر پیشرفت تکنولوژی های جدید با بکارگیری سوخته های بیودیزلی که کمتر مشکل آلوده کنندگی دارند جوامع بشری را برآن داشته که یک جایگزین مناسب برای سوخت های فسیلی پیدا کنند. در سال های اخیر توجه خاصی به این موضوع شده به طوری که مقالات زیادی در مورد استفاده از سوخت های بیودیزلی با استفاده از کاتالیزورهای مختلف و روش های متنوع به چاپ رسیده است.

فصل اول

کاتالیزورها و طبقه بندی آن ها

۱-۱ کاتالیزور^۱

کاتالیزور ترکیبی است که انرژی فعالسازی واکنش را کاهش داده و سرعت واکنش را افزایش می دهد. هدف شیمییدانان، تولید کاتالیستی با فعالیت و بازده بالا، گزینش پذیری^۲ کامل، قابلیت جداسازی و بازیابی از مخلوط واکنش، مصرف انرژی کم و عمر بالا است. عملکرد کاتالیزور با کنترل متغیرهایی هم چون اندازه، ساختار، توزیع فضایی و الکترونی، ترکیب سطح، پایداری گرمایی و شیمیایی می تواند تعیین شود. بازده بالا، صرفه اقتصادی، هدر رفت کم مواد شیمیایی، مصرف گرما و انرژی پایین، ایمنی بالا و استفاده بهینه از مواد شیمیایی اولیه، از مزایای نانوکاتالیست^۳ها است. برای صرفه جویی اقتصادی و استفاده بهینه از نانوکاتالیست، معمولاً آنرا به صورت کامپوزیت می سازند و سطح آنرا مورد اصلاح شیمیایی قرار می دهند. تحقیقات در حوزه نانوکاتالیست، همواره یکی از بحث های جذاب در نانوشیمی و شیمی سبز بوده است. شیمی سبز به واکنش های شیمیایی سالم با محصولات بی خطر و با حداکثر بازده - حداقل مصرف ماده و انرژی- می پردازد و نانوکاتالیست می تواند ما را به سوی این آرمان سوق دهد.[۱]

۱-۲ طبقه بندی کاتالیزورها

کاتالیزورها را می توان به صورت های زیر طبقه بندی کرد : الف- کاتالیزورهای طبیعی ب- کاتالیزورهای شیمیایی. **الف - کاتالیزورهای طبیعی** : این کاتالیزورها بصورت طبیعی در داخل بدن موجودات زنده مثل : گیاهان و حیوانات و از جمله درون بدن انسانها نیز در طی واکنشهایی که اتفاق می افتند، بوجود می آیند. این کاتالیزورها شامل : آنزیم ها^۴، نظیر : لیپاز^۵، پروتئاز^۱، آمیلاز^۲، کیموتروپسین و ... و ترکیبات طبیعی زیستی مانند : جلبکها، زئولیتها، آلگها و

¹-Catalyst

²-Selectivity

³-Nano catalyst

⁴-Enzyme

⁵-Lipase

ب- کاتالیزورهای شیمیایی : این دسته از کاتالیزورها در آزمایشگاه ها سنتز می شوند. این نوع از کاتالیزورها به دو دسته کاتالیزورهای همگن و ناهمگن تقسیم می شوند. کاتالیزورهای همگن، کاتالیزورهایی هستند که ، کاتالیزور و ترکیب کاتالیز شده هر دو در یک فاز واکنش- جامد، مایع و یا گاز- می باشند. مانند: نیتراسیون بنزن ، که هم کاتالیزور مورد استفاده- H_2SO_4 و هم ترکیبات واکنش دهنده یعنی C_6H_6 و HNO_3 همگی بصورت مایع می باشند. کاتالیزورهای ناهمگن ، به کاتالیزورهایی گفته می شود که، کاتالیزور و مواد واکنش دهنده در یک فاز نیستند. مانند واکنش تهیه متانول از H_2 و CO که این دو در فاز گازی هستند در حالی که کاتالیزور واکنش ZnO/Al_2O_3 در فاز جامد است.

به بیان دیگر، ذرات کاتالیست همگن می توانند به راحتی در مخلوط واکنش حل شوند. کاتالیست همگن در واکنش مصرف شده و مجدداً تولید می شود. فعالیت بسیار بالا، گزینش پذیری و بازده خوب، از محاسن این گونه از کاتالیست ها می باشد. بهبود در عملکرد کاتالیست های همگن می تواند با اتصال گروه های متفاوت آلی و معدنی به ذره اصلی فراهم شود. مشکل اصلی در فناوری کاتالیست های همگن در آنجا است که پس از اتمام واکنش، جداسازی کاتالیست حل شده از مخلوط نهایی کار ساده ای نیست. این مشکل به ویژه در زمانی که کاتالیست در مقادیر کم مصرف می شود، خود یک چالش بزرگ است. کاتالیست ناهمگن، با واکنش دهنده ها در یک فاز نیست. اندازه و خصوصیت ذرات کاتالیست ناهمگن به صورتی است که به راحتی در محیط واکنش حل نمی شود. از این رو فعالیت آن محدود می گردد. بر خلاف کاتالیزورهای همگن، کاتالیزورهای ناهمگن به راحتی با صرف هزینه، زمان و مواد کمتر از مخلوط واکنش جدا می شوند و موجب ناخالصی محصولات نمی گردند. برای آن که کمبود سطح فعال در این گونه ترکیبات جبران شود، استفاده از یک بستر در نقش تکیه گاه کاتالیزور ضروری است. بستر معمولاً یک ساختار متخلخل با سطح فعال بالاست. کاتالیزورهای شیمیایی را می توان از لحاظ فیزیکی به سه گروه : جامد، مایع و گاز دسته بندی کرد. کاتالیزورهای جامد مثل : اکسید های فلزی تک جزئی، اکسید های فلزی مختلط، تبادل کننده های آنیونی و کاتالیزورهای مایع مانند : مایعات یونی، اسیدها و بازها و ... و بخار اکسیدهای فلزی و جریان هوای داغ

¹-Protease

²-Amilase

مثالهایی از کاتالیزورهای گازی هستند. دسته دیگری از کاتالیزورها نیز هستند که به شکل کاتالیزورهای اسیدی و بازی تقسیم می شوند. به این صورت که در برابر مکان های فعال بازی، دارای خاصیت اسیدی هستند و در مقابل مکان های اسیدی، نقش بازی از خود نشان می دهند. کاتالیست مناسب، باید سطح فعال زیاد داشته و قابل جداسازی باشد. فناوری نانو، می تواند سطح فعال بسیار زیادی را برای کاتالیست فراهم آورد. با آن که سطح فعال نانوکاتالیست ها بسیار بالاتر از کاتالیست های معمولی است، سطح فعال یک نانوکاتالیست همواره از یک کاتالیزور همگن پایین تر است (کاتالیزور همگن با انحلال خود در تماس کامل با محتویات واکنش قرار دارد). در مقابل، نانو ذرات کاتالیستی به دلیل ابعاد بزرگتر نسبت به ذرات کاتالیست همگن، در محلول واکنش حل نشده و به سادگی قابل جداسازی هستند. سطح فعال زیاد به همراه قابلیت جداسازی کاتالیست در پایان واکنش، از نانوکاتالیست ها پلی میان کاتالیست های همگن و ناهمگن ساخته است. ممکن است فرآیند پیچیده تولید برخی از نانوکاتالیست ها هزینه بر به حساب بیاید، اما از آنجا که فناوری نانو مقدار کاتالیست، انرژی و زمان مورد نیاز برای انجام واکنش را تقلیل می دهد، این مورد قابل چشمپوشی است. [۱]

نانو کاتالیست			
کاتالیست ناهمگن		کاتالیست همگن	
معایب	مزایا	معایب	مزایا
<ul style="list-style-type: none"> تماس کم تر بین مادهی اولیه و کاتالیست عملکرد کاتالیستی ضعیف (برخلاف کاتالیست همگن) جداسدن گونه های فعال از سطح کاتالیست مشکل انتقال انرژی و گرما برای انجام واکنش 	<ul style="list-style-type: none"> جداسازی آسان کاتالیست از محصولات قابلیت استفاده به طور متوالی و مداوم 	<ul style="list-style-type: none"> خالص سازی بسیار مشکل بازیابی مشکل کاتالیست از مخلوط واکنش 	<ul style="list-style-type: none"> نیاز به شرایط عادی و ملایم برای واکنش فعالیت و تمزین پذیری بالا انتقال گرما و انرژی مناسب برای انجام واکنش

شکل ۱-۱ نانوکاتالیست پلی بین کاتالیست همگن و ناهمگن با حفظ مزایای هر دو آنها [۲]

۱-۳-۱ نانوکاتالیست ها

نانوکاتالیست ها را می توان بر اساس رفتارشان به دو دسته همگن و ناهمگن تقسیم کرد :

۱-۳-۱-۱ نانوکاتالیست با رفتار همگن

در رویکرد نانوکاتالیست همگن، نانوذرات تهیه شده از فلزات واسطه را به صورت کلوئید^۱ (ذرات معلق) در مخلوط واکنش پخش می کنند. معمولاً برای پیشگیری از تجمع نانوذرات، از یک ماده پایدارکننده استفاده می شود. یک پایدارکننده خوب نه تنها نانوکاتالیست را در فرایند کاتالیتیکی (واکنش کاتالیستی) حفظ کرده، در عین حال فعالیت آنرا کاهش نمی دهد. در پایان نیز می توان نانوذرات را از محصول نهایی واکنش جداسازی نمود. روش کاهش یا همان احیاء فلزات- یعنی الکترون گرفتن کاتیون فلزی و تبدیل آن به اتم فلز خنثی- روشی معمول برای سنتز کنترل شده نانوذرات به صورت کلوئید در محلول است. فرآیند کاهش به دو صورت شیمیایی و الکتروشیمیایی اجرا می شود:

الف- کاهش شیمیایی: معمول ترین روش کاهش است که در آن، نمک فلز مورد نظر در محلول با عوامل کاهنده مثل الکلها و NaBH_4 به اتم فلزی کاهش یافته و تبدیل به نانوذره فلزی می شود.

ب- کاهش الکتروشیمیایی: در این روش در ازای یک عامل کاهنده شیمیایی، از الکترون های انباشته شده بر سطح الکتروود استفاده می شود. در فرآیند کاهش الکتروشیمیایی از یک پیل متشکل از آند^۲ (محل اکسایش)، کاتد^۳ (محل کاهش) و الکتrolیت^۴ (محلول نمکی دارای هدایت الکتریکی) استفاده می شود.

۱-۳-۲-۱ نانوکاتالیست با رفتار ناهمگن

کاتالیست ناهمگن به بستر نیاز دارد؛ در نانوکاتالیست ها، بستر و کاتالیست، با هم تشکیل یک نانوکامپوزیت می دهند که برای رسیدن به بهترین عملکرد مناسب است. به عنوان مثال می توان به قرار گرفتن کاتالیست Au/TiO_2 یا $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Au}$ اشاره کرد. آنها کاتالیست های بسیار خوبی برای اکسایش CO (آلاینده های

¹-Colloide

²-Anode

³-Cathode

⁴-Electrolyte