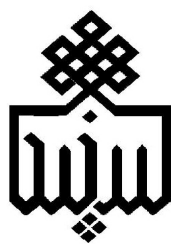


بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشگاه بیرجند
دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی آلی

عنوان:

سنتز و کاربرد کمپلکس‌های سالن - فلز ساپورت شده بر روی
سیلیکاژل جدید به عنوان کاتالیزورهای جامد سازگار با محیط زیست در
سنتز مواد آلی

استاد راهنما:

دکتر محمد علی ناصری

نگارش:

سعیده کمایستانی

تیر ماه ۱۳۹۰

چکیده

با توجه به اهمیت سالن کمپلکس‌ها در سنتز مواد آلی و آشکار شدن نقش بی‌بدیل آنها در اکثر واکنش‌های مهم شیمی آلی، نصب آنها بر روی بسترهای جامد از اهمیت خاصی در سنتز مواد آلی برخوردار است. در این پژوهش پس از تهیه سالن‌های مورد نظر روش خاصی برای نصب آنها بر روی سیلیکاژل نانو طراحی شد. از آنجا که تهیه این کاتالیزورها یعنی سنتز سالن خاص، تهیه کمپلکس فلزی و نصب آن بر روی سیلیکاژل وقت و هزینه سنگینی را صرف می‌کند لذا در این پژوهش هدف اصلی تهیه کاتالیزور بوده است. برای همین منظور ابتدا دی‌آمین دارای گروه عاملی اسید با DCC وارد واکنش شده و سپس در مراحل بعدی سالن و کمپلکس منگنز مربوط را با سیلیکاژل آمین‌دار شده واکنش داده و در نتیجه با حذف مشتق اوره، کمپلکس سالن منگنز مورد نظر بر روی سیلیکاژل نانو نصب شد. پس از تهیه کاتالیزور واکنش‌های مختلفی از جمله اکسایش الکل‌ها و سولفیدها در حضور این کاتالیزور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، الکل‌های نوع اول و دوم آروماتیک در حضور ۰/۷ مول درصد از این کاتالیزور ساپورت شده بر روی سیلیکاژل نانو و اکسید کننده TBAO به مقدار مولی با راندمان خوب تا عالی به آلدئید مربوطه تبدیل می‌شوند. بنابراین روشی جدید و سازگار با محیط زیست و در دمای اتاق برای تهیه آلدئیدها از الکل‌ها ارائه شد. در ادامه پژوهش اکسیداسیون سولفیدها در حضور این کاتالیزور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد سولفیدها با راندمان بسیار عالی و در بعضی موارد ۱۰۰٪ به سولفوکسید مربوطه تبدیل شده، و واکنش تا مرحله ایجاد سولفون ادامه نمی‌یابد. که این از امتیازات این کاتالیزور است. بنابراین روشی جدید و سازگار با محیط زیست برای تهیه سولفوکسید از سولفیدها ارائه شده است.

Abbreviation

ee	Enantiomeric Excess
TBAO	Tetrabutylammonium Oxone
Salen	N, N- bis salysilidine ethylene diamine
TBHP	tert-Butyl hydroperoxide
[Bmim]	1-buthyl-3-ethylimidazolium
MCM-48	Mobil Composition Of Matter No. 48
SBA-15	Santa Barbara Amorphous No.15
DCC	N, N-dicyclohexyl carbodiimide
SBA -16	Santa Barbara Amorphous No.16
IL SBA-15	Ionic Liquid modified SBA-15
PhIO	Iodosylbenzene
PEG	Polyethylene glycol
TMSCN	Trimethylsilyl Cyanide

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل اول

- ۱-۱ مقدمه..... ۲
- ۲-۱ نصب کاتالیزور..... ۲
- ۳-۱ لیگاندهای سالن..... ۴
- ۴-۱ کاتالیزورهای هتروژن (ناهمگن)..... ۶
- ۵-۱ سنتز کمپلکس‌های فلزی سالن هتروژن..... ۸
- ۶-۱ چگونگی تثبیت معرف بر روی بستر سیلیکاژل..... ۱۱
- ۷-۱ اهمیت و کاربرد بازهای شیف هتروژن (سالن)..... ۱۵
- ۸-۱ واکنش اپوکسیداسیون..... ۱۶
- ۹-۱ واکنش اکسایش..... ۱۷
- ۱۰-۱ احیا کتون..... ۱۸
- ۱۱-۱ اکسایش سولفید..... ۱۸
- ۱۲-۱ واکنش بازگشایی حلقه اپوکسید..... ۲۱
- ۱۳-۱ هترودیلز-آلدر..... ۲۳

فصل دوم

بخش تجربی

- ۱-۲ دستگاه‌ها و مواد شیمیایی ۲۷
- ۲-۲ دستور کار خشک کردن اتانول..... ۲۷
- ۳-۲ دستور کار خشک کردن تولوئن..... ۲۷
- ۴-۲ دستور کار خشک کردن تتراهیدروفوران..... ۲۷
- ۵-۲ دستور کار فعال سازی سیلیکاژل..... ۲۸
- ۶-۲ سنتز بازهای شیف..... ۲۸
- ۱-۶-۲ روش کار سنتز ۳و۵- دی ترسیو- بوتیل سالیسیل آلدهید (ترکیب ۱)..... ۲۸
- ۲-۶-۲ روش کار سنتز ترکیب ۲ با استفاده از ۳و۴دی آمینوبنزوئیک اسید و ۳و۵دی ترشری بوتیل- سالیسیل آلدهید..... ۳۰
- ۳-۶-۲ روش کار سنتز ترکیب ۳ با استفاده از ۳و۴دی آمینوبنزوئیک اسید و DCC..... ۳۱
- ۴-۶-۲ روش کار سنتز ترکیب ۴ با استفاده از سالیسیل آلدهید و ترکیب ۳..... ۳۲
- ۵-۶-۲ روش کار سنتز ترکیب ۵ با استفاده از استات منگنز چهار آبه و ترکیب ۴..... ۳۳
- ۶-۶-۲ تهیه سیلیکاژل نانو عامل دار شده با سالن کمپلکس منگنز (III)..... ۳۴
- الف). ساپورت کردن ۳- آمینوپروپیل تری متوکسی سیلان بر روی سیلیکاژل نانو..... ۳۴
- ب). نصب (ساپورت کردن) کمپلکس سالن منگنز (III) بر روی سیلیکاژل عامل دار شده..... ۳۴
- ۷-۶-۲ دستور کار تعیین مقدار فلز (مرکز فعال) در هر گرم سیلیکاژل عامل دار شده..... ۳۵
- ۷-۲ دستور کار تهیه PhIO..... ۳۶
- ۸-۲ دستور کار تهیه UHP..... ۳۶

- ۹-۲ دستور کار تهیه تترابوتیل آمونیوم پراکسی مونوسولفات (TBAO)..... ۳۶
- ۱۰-۲ اکسایش سولفیدها به سولفوکسید با استفاده از کاتالیزور سنتز شده..... ۳۷
- ۱-۱۰-۲ روش کار اکسایش متیل فنیل سولفید بوسیله TBAO در غیاب کاتالیزور..... ۳۷
- ۲-۱۰-۲ روش کار بررسی تاثیر ماهیت حلال در واکنش اکسایش متیل فنیل سولفید بوسیله TBAO در حضور کاتالیزور..... ۳۷
- ۳-۱۰-۲ روش کار بررسی اثر مقدار اکسیدکننده TBAO در اکسایش متیل فنیل سولفید بوسیله کاتالیزور..... ۳۷
- ۴-۱۰-۲ روش کار بررسی اثر مقادیر مختلف کاتالیزور سالن منگنز ساپورت شده بر روی بستر سیلیکاژل نانو در اکسایش متیل فنیل سولفید بوسیله TBAO..... ۳۸
- ۵-۱۰-۲ روش کار بررسی تاثیر زمان بر واکنش اکسایش متیل فنیل سولفید بوسیله TBAO در حضور منگنز سالن ساپورت شده بر روی سیلیکاژل نانو..... ۳۸
- ۶-۱۰-۲ روش کار بررسی اکسایش سولفیدهای مختلف بوسیله TBAO در حضور منگنز سالن ساپورت شده بر روی بستر سیلیکاژل نانو..... ۳۸
- ۷-۱۰-۲ روش کار بررسی اثر اکسید کننده های مختلف در اکسایش متیل فنیل سولفید..... ۳۹
- ۱۱-۲ اکسایش الکلها به آلدهید و کتون مربوطه با استفاده از کاتالیزور سنتز شده..... ۴۰
- ۱-۱۱-۲ روش کار اکسایش بنزیل الکل بوسیله TBAO در غیاب کاتالیزور..... ۴۰
- ۲-۱۱-۲ روش کار اکسایش بنزیل الکل بوسیله TBAO در حضور کاتالیزور..... ۴۰
- ۳-۱۱-۲ روش کار بررسی تاثیر مقدار اکسیدکننده TBAO در اکسایش بنزیل الکل کاتالیز شده بوسیله- سالن منگنز ساپورت شده..... ۴۰

۲-۱۱-۴ روش کار بررسی تاثیر ماهیت حلال بر واکنش اکسایش بنزیل‌الکل با TBAO کاتالیز شده به وسیله سالن منگنز ساپورت شده بر روی سیلیکاژل نانو.....۴۰

۲-۱۱-۵ روش کار بررسی اثر مقادیر مختلف کاتالیزور کمپلکس سالن منگنز ساپورت شده بر روی سیلیکاژل نانو در اکسایش بنزیل‌الکل به وسیله TBAO.....۴۱

۲-۱۱-۶ روش کار بررسی تاثیر زمان در واکنش اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله TBAO در حضور کاتالیزور.....۴۱

۲-۱۱-۷ روش کار عمومی برای اکسایش الکلها به آلدهیدها یا کتونهای مربوطه بوسیله TBAO در حضور کمپلکس سالن منگنز ساپورت شده بر روی سیلیکاژل نانو.....۴۲

فصل سوم

بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱ مقدمه.....۴۴

۳-۲ سنتز کاتالیزور.....۴۴

۳-۳ اکسایش الکلها با اکسید کننده تترابوتیل‌آمونیم‌پراکسی‌مونوسولفات (TBAO) کاتالیز شده بوسیله سالن منگنز ساپورت شده.....۴۷

۳-۳-۱ اکسایش بنزیل‌الکل با TBAO در غیاب و در حضور کاتالیزور.....۴۷

۳-۳-۲ بررسی تاثیر ماهیت حلال در واکنش اکسایش بنزیل‌الکل با TBAO کاتالیز شده بوسیله سالن منگنز ساپورت شده.....۴۷

۳-۳-۳ بررسی تاثیر مقدار اکسید کننده TBAO در واکنش اکسایش بنزیل‌الکل بوسیله سالن منگنز ساپورت شده.....۴۸

۳-۳-۴ بررسی اثر مقدار کاتالیزور در اکسایش بنزیل‌الکل در حضور اکسید کننده TBAO.....۴۹

- ۵-۳-۳ بررسی اثر زمان در اکسایش بنزیل‌الکل در حضور اکسید کننده TBAO..... ۵۰
- ۵-۳-۳ اکسایش انواع مختلف الکلها با TBAO کاتالیز شده بوسیله منگنز سالن ساپورت شده..... ۵۱
- ۴-۳ اکسایش سولفیدها با TBAO کاتالیز شده بوسیله منگنز سالنها..... ۵۳
- ۱-۴-۳ اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید با TBAO در غیاب و در حضور کاتالیزور..... ۵۳
- ۲-۴-۳ بررسی تأثیر مقدار اکسید کننده TBAO بر واکنش اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید کاتالیز شده بوسیله منگنز سالن..... ۵۳
- ۳-۴-۳ بررسی تأثیر ماهیت حلال بر واکنش اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید با TBAO کاتالیز شده بوسیله منگنز سالن ساپورت شده..... ۵۴
- ۴-۴-۳ بررسی تأثیر اکسید کننده در بازده اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید..... ۵۵
- ۵-۴-۳ بررسی عوامل فضایی و الکترونی در اکسایش سولفیدهای مختلف در حضور TBAO کاتالیز شده با کمپلکس سالن منگنز..... ۵۶
- ۶-۴-۳ بررسی تأثیر مقدار کاتالیزور بر واکنش اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید بوسیله TBAO..... ۵۷
- ۷-۴-۳ بررسی تأثیر زمان بر واکنش اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید بوسیله کاتالیزور در حضور TBAO..... ۵۷
- ۸-۴-۳ بررسی اثر حلال‌های مختلف در اکسایش متیل‌فنیل‌سولفید در حضور اکسید کننده PhIO..... ۵۸
- ۹-۴-۳ بررسی اکسایش سولفیدهای مختلف در حضور اکسید کننده PhIO..... ۵۹
- ۵-۳ نتیجه‌گیری..... ۶۱
- ضمیمه..... ۶۲
- مراجع..... ۷۷

فهرست جداول و شکل‌ها

عنوان.....	صفحه
جدول ۱-۳ بررسی اثر حلال در اکسایش بنزیل الکل با TBAO در حضور کاتالیزور منگنز سالن ساپورت شده.....	۴۸.....
جدول ۲-۳ تأثیر مقادیر مختلف TBAO در واکنش اکسایش بنزیل الکل کاتالیز شده بوسیله سالن منگنز ساپورت شده.....	۴۹.....
جدول ۳-۳ بررسی اثر مقدار کاتالیزور در اکسایش بنزیل الکل در حضور اکسید کننده TBAO.....	۵۰.....
جدول ۴-۳ بررسی اثر زمان در اکسایش بنزیل الکل در حضور اکسید کننده TBAO.....	۵۱.....
جدول ۵-۳ اکسایش انواع مختلف الکلها با نمک TBAO در حضور کاتالیزور سالن منگنز.....	۵۲.....
جدول ۶-۳ تأثیر مقادیر مختلف از TBAO در واکنش اکسایش متیل فنیل سولفید در حضور کاتالیزور در حلال آب.....	۵۴.....
جدول ۷-۳ بررسی اثر حلال در اکسایش متیل فنیل سولفید با TBAO در حضور کاتالیزور.....	۵۵.....
جدول ۸-۳ بررسی تأثیر اکسیدکننده‌های مختلف در بازده واکنش اکسایش متیل فنیل سولفید.....	۵۵.....
جدول ۹-۳ بررسی اکسایش سولفیدهای مختلف در حلال آب در حضور اکسید کننده TBAO.....	۵۶.....
جدول ۱۰-۳ اکسایش متیل فنیل سولفید با مقادیر متفاوت از کاتالیزور در حلال آب.....	۵۷.....

جدول ۳-۱۱ بررسی تأثیر زمان در واکنش اکسایش متیل فنیل سولفید با کاتالیزور سالن منگنز در حضور	TBAO.....	۵۸
جدول ۳-۱۲ بررسی اثر حلال‌های مختلف در حضور PhIO در بازده اکسایش متیل فنیل سولفید در مدت	زمان ۳ ساعت و ۴۰ دقیقه.....	۵۹
جدول ۳-۱۳ بررسی اکسایش سولفیدهای مختلف در حضور PhIO در حلال آب.....		۶۰
شکل ۱ مربوط به طیف IR ترکیب ۳.....		۶۳
شکل ۲ مربوط به طیف باز نشده $^1\text{HNMR}$ ترکیب ۳.....		۶۴
شکل ۳ مربوط به طیف باز شده $^1\text{HNMR}$ ترکیب ۳.....		۶۵
شکل ۴ مربوط به طیف باز شده $^1\text{HNMR}$ ترکیب ۳.....		۶۶
شکل ۵ مربوط به طیف باز شده $^1\text{HNMR}$ ترکیب ۳.....		۶۷
شکل ۶ مربوط به طیف باز نشده $^{13}\text{CNMR}$ ترکیب ۳.....		۶۸
شکل ۷ مربوط به طیف Mass ترکیب ۳.....		۶۹
شکل ۸ مربوط به طیف IR ترکیب ۴.....		۷۰
شکل ۹ مربوط به طیف باز نشده $^1\text{HNMR}$ ترکیب ۴.....		۷۱
شکل ۱۰ مربوط به طیف باز شده $^1\text{HNMR}$ ترکیب ۴.....		۷۲
شکل ۱۱ مربوط به طیف باز نشده $^{13}\text{CNMR}$ ترکیب ۴.....		۷۳
شکل ۱۲ مربوط به طیف IR ترکیب ۵.....		۷۴

شکل ۱۳ مربوط به طیف UV ترکیب ۴..... ۷۵

شکل ۱۴ مربوط به طیف UV ترکیب ۵..... ۷۶

فصل اول

مقدمه

در دنیای کنونی بحث محیط زیست از اهمیت ویژه‌ی برخوردار است. در اغلب موارد مواد اولیه مورد استفاده سنتزی و مصنوعی هستند و با توجه به حجم زیاد محصولات سمی و پسماندهایی که در نتیجه واکنش تولید می‌شود مشکلات زیست محیطی زیادی را ایجاد می‌کنند [۱]. واکنشی که در آن مواد اولیه به طور کامل به محصول تبدیل شود، به عبارت دیگر محصول با بیشترین راندمان بدست آید، از نظر سنتزی و صنعتی واکنش قابل توجهی بوده و در آن، کاتالیزور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر کاتالیزور، جداسازی مواد اولیه یا محصولات جانبی که در مخلوط واکنش حضور دارند، نیز امر مهمی بوده و از نظر زیست محیطی مشکلات زیادی را ایجاد می‌کنند. به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست باید ترتیبی اتخاذ کرد تا واکنش‌ها در سیستم‌های نصب شده بر روی بستر جامد و در شرایط بدون حلال انجام شود. [۲].

۱-۲ نصب کاتالیزور

در بین مؤلفه‌های اصلی که در یک واکنش حضور دارند، کاتالیزورها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند زیرا علاوه بر نکات گفته شده از نظر زیست محیطی باعث تعدیل شرایط و کاهش زمان واکنش می‌شوند. چنانچه بتوان کاتالیزور را بر روی بسترهای جامد نصب کرد خدمت بزرگی به شیمی سبز و محیط زیست انجام گرفته است. این حرکت از سال ۱۹۹۰ شروع و تلاش شده که اکثر واکنش‌ها بر روی بستر جامد انجام شود. در این مورد چند نکته حائز اهمیت است.

۱. انتخاب نوع لیگاندی که بر روی بستر جامد نصب می‌گردد: لیگاندهایی برای نصب بر روی بستر جامد انتخاب می‌گردند که به سادگی سنتز شده و کمپلکس‌های آن به عنوان کاتالیزورهای عام گستره وسیعی از واکنش‌ها را تحت پوشش قرار دهند.

۲. انتخاب نوع بستر: اگرچه در اغلب موارد نوع لیگاند و فلز مرکزی نقش مهمی در کارایی کاتالیزور دارند ولی نوع بستر نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نوع ماده‌ای که به عنوان بستر جامد انتخاب می‌شود باید به گونه‌ای باشد که دارای بهترین کارایی بوده، قیمت مناسب داشته و از نظر زیست محیطی کمترین آلودگی را ایجاد کند. این بسترها معمولاً عبارتند از آلومینا، سیلیکاژل، بسترهای معدنی مانند خاک رس، زئولیت‌ها و بسترهای پلیمری مانند رزین‌ها [۱].

در انتخاب بستر جامد دو فاکتور باید مورد بررسی قرار گیرد:

۱. ماده‌ی مورد نظر باید در طول فرایند واکنش از نظر شیمیایی و حرارتی پایدار باشد.

۲. ساختار آن به گونه‌ای باشد که مراکز فعال به خوبی در سطح آن پراکنده بوده و به آسانی قابل

دسترس باشد. به طور کلی لازم است بستر جامد انتخاب شده محدوده سطحی بالایی داشته (مثلاً $100 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} >$) و در اغلب واکنش‌های فاز مایع باید منافذ بزرگتر از 20 \AA داشته باشد تا واکنشگر بتواند به آسانی با مراکز فعال در تماس باشد.

در این بین مواد آلی و معدنی متنوعی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که مهمترین آنها سیلیکاژل است

[۳،۱]. سیلیکاژل به جز در حضور چند نوکلوفیل کوچک مانند F^- و OH^- پایداری شیمیایی و حرارتی

بالایی از خود نشان می‌دهد، علاوه بر این سیلیکاژل محدوده سطحی بالایی دارد (مثلاً $600 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} >$) و

اندازه منافذ سیلیکاژل از microporous تا mesoporous یعنی از 5 \AA تا 500 \AA تغییر می‌کند. سطح

سیلیکاژل دارای دو نوع گروه عاملی سیلوکسان (Si-O-Si) و سیلانول (Si-OH) است. بنابراین اصلاح

سیلیکاژل و نصب لیگاندهای مختلف بر روی آن می‌تواند بوسیله واکنش‌های ویژه‌ای با گروه سیلوکسان

(جاننشینی نوکلئوفیلی در Si) یا سیلانول (واکنش مستقیم با هیدروکسیل) انجام گیرد. عمدتاً واکنش با

گروه سیلانول به عنوان مسیر اصلی نصب گروه‌های عاملی مختلف بر روی سیلیکاژل پذیرفته شده است.

در این روش‌ها گونه‌های فعال به صورت شیمیایی و بوسیله یک پیوند کوالانسی بر روی سطح سیلیکاژل

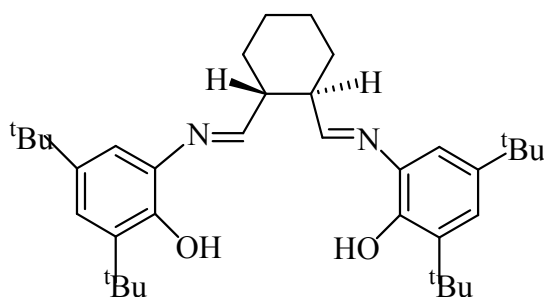
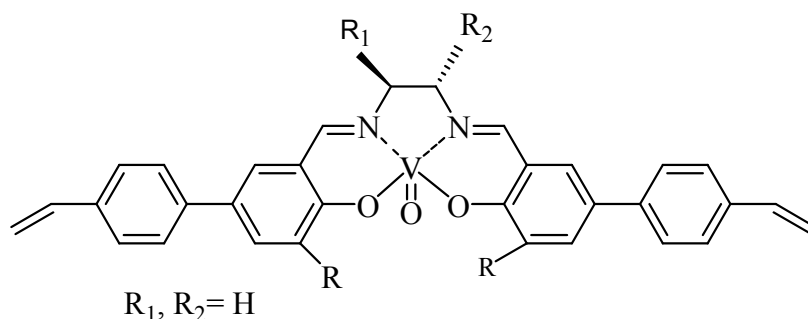
نصب می‌شوند. به عبارت دیگر یک واکنش شیمیایی بین گونه‌های آلی/ معدنی و عامل سیلانول انجام

می‌شود. اگر چه مواد سیلیکا توسط جذب فیزیکی گونه‌های فعال هم اصلاح گردیده و معرف‌های نصب

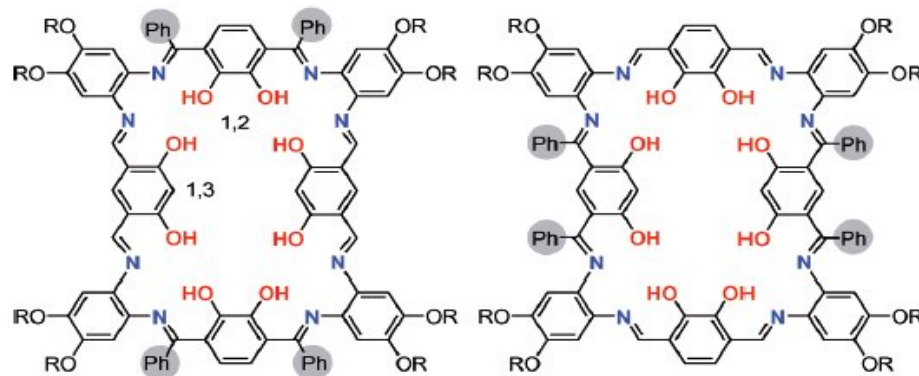
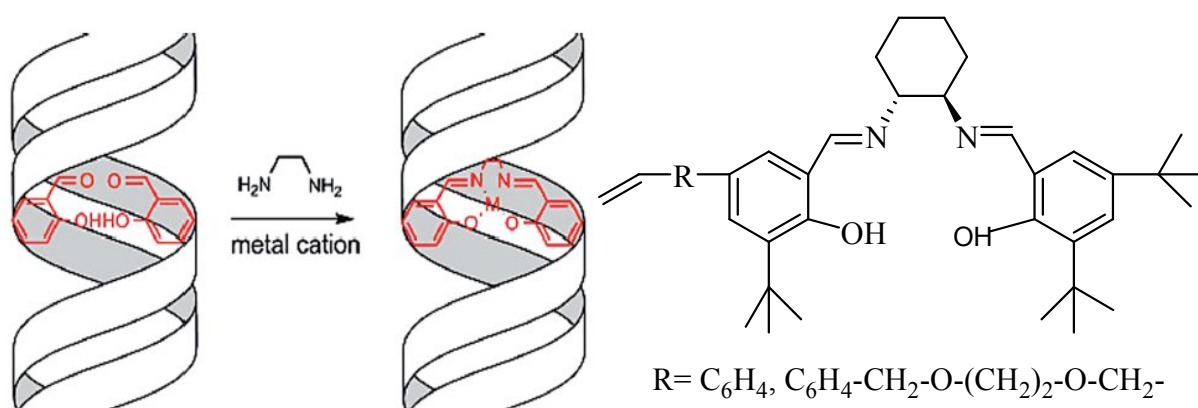
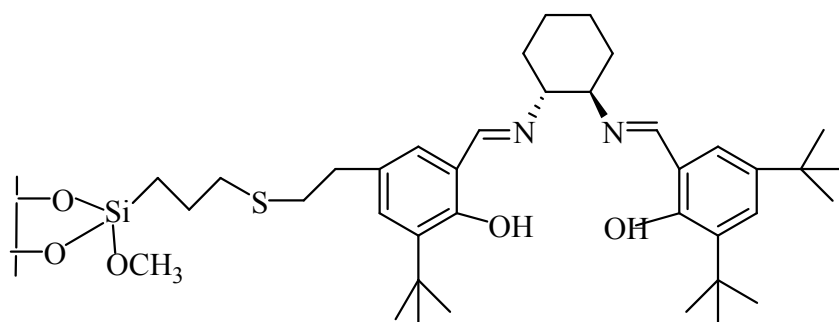
شده‌ی مفید و متنوعی ایجاد می‌کنند ولی به دلیل محدودیت از نظر پایداری و قابلیت استفاده مجدد، کاربرد آنها با محدودیت‌هایی روبرو است [۴-۶].

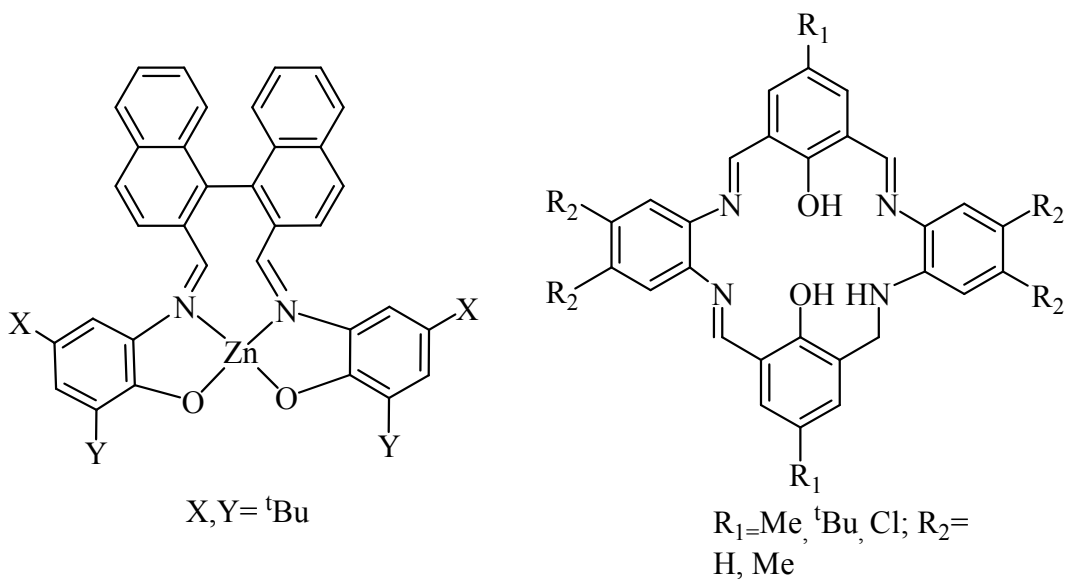
۳-۱ لیگاندهای سالن

کشف لیگاندهایی که کمپلکس‌های آنها در گستره وسیعی از واکنشها به عنوان کاتالیزور عمل کرده و گزینش‌پذیری بالایی از خود نشان می‌دهند، سبب توسعه انواع کاتالیزورها برای کاربردهای صنعتی و آزمایشگاهی شده است [۷]. در سال ۱۸۶۴ هوگو شیف^۱ از تراکم میان یک آمین و یک آلدهید محصولی را به دست آورد که بعدها باز شیف نامیده شد [۸]. سالن‌ها نوعی بازشیف هستند که از تراکم میان دو اکی‌والان سالیسیل‌الدهید و یک اکی‌والان دی‌آمین بدست آمده و تشکیل لیگاند چهاردندانه را می‌دهند. سالن‌ها قادر هستند فلزات مختلفی را در حالت‌های اکسیداسیون متفاوت پایدار کرده و کمپلکس حاصل در بسیاری از واکنش‌ها نقش کاتالیزوری از خود نشان می‌دهد. [۹-۱۹].



^۱Hugo Schiff





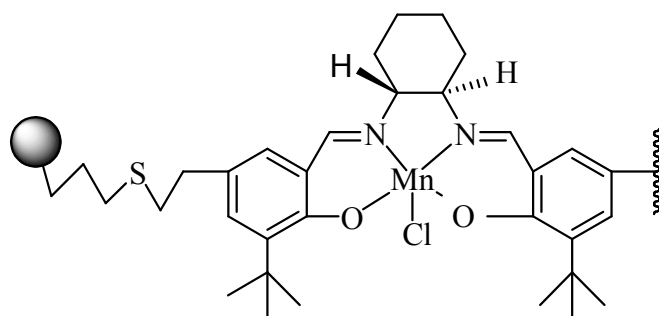
شماى ۱-۱: نمونه‌هایی از لیگاندها و کمپلکس سالن‌ها

در این لیگاندها حفره مناسبی برای قرار گرفتن یون‌های فلزی وجود دارد که بسته به تعداد پیوندها با یون فلزی، لیگاندهای دو دندانه، چهار دندانه و... حاصل می‌شود. لیگاندهای متنوعی در سال‌های اخیر کشف و سنتز شده‌اند که در بسیاری از واکنش‌های آلی نظیر اکسایش، اپوکسیداسیون، پلیمریزاسیون، بازگشایی حلقه اپوکسید، واکنش هک، اکسیداسیون نامتقارن سولفیدها و ... نقش کاتالیزوری خوبی از خود نشان داده‌اند.

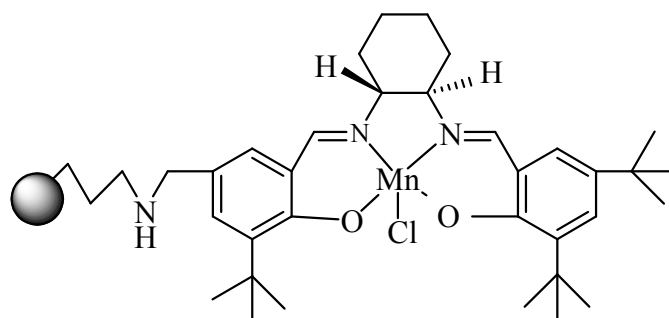
۴-۱ کاتالیزورهای هتروژن (ناهمگن)

اگر کمپلکس سالن بر روی بسترهای مناسب از قبیل Silica، MCM-41، SBA-15 و ... نصب شود (کاتالیزور هتروژن) به کاتالیزور ارزشمندی تبدیل می‌شود که به راحتی (نسبت به کاتالیزور هموزن) می‌تواند بازیافت و استخراج شود. در سال‌های اخیر کاتالیزورهای هتروژن از کمپلکس‌های سالن منگنز کایرال در داخل ماتریکس‌های معدنی از قبیل MCM-41، MCM-48 توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. کاتالیزورهای هتروژن به طور وسیعی در اپوکسیداسیون نامتقارن الفین‌های فاقد گروه‌های عاملی

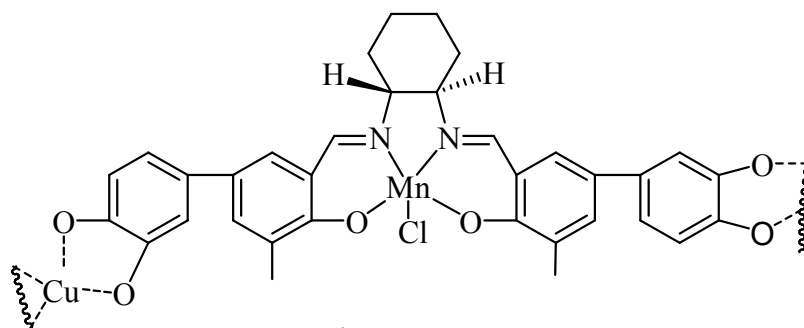
استفاده شده‌اند، این کاتالیزورها تنوع ارزشمندی در ساختن واحدهای کایرال قابل انتقال ایجاد کرده و در تولید ترکیبات کایرال با فضاویژگی خاص نقش مهمی ایفا می‌کنند و همچنین این ترکیبات استفاده وسیعی در واکنش‌های باز شدن حلقه دارند. [۲۵-۲۰].



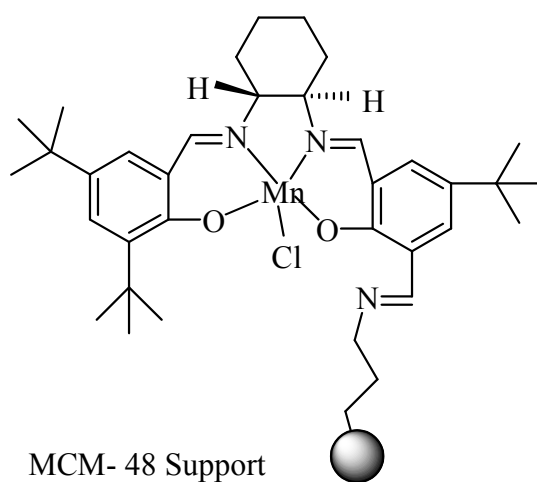
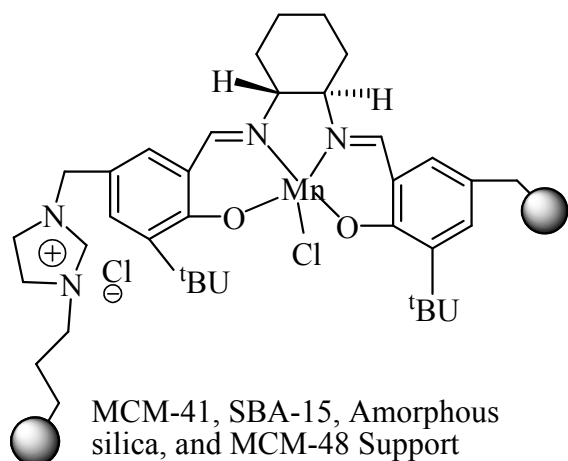
Silica Support



MCM-41 and SBA-15 Support



Polymer Support



شمای ۱-۲: نمونه‌هایی از کمپلکس‌های سالن نصب شده بر روی بستریهای مختلف

۵-۱ سنتز کمپلکس‌های فلزی سالن هتروژن

این کمپلکس‌ها از واکنش میان بازهای شیف و معرف‌های فلزدار مشخصی حاصل می‌شوند. در

شمای ۱-۳ روش‌های مختلف سنتز این کمپلکس‌ها نشان داده شده است.