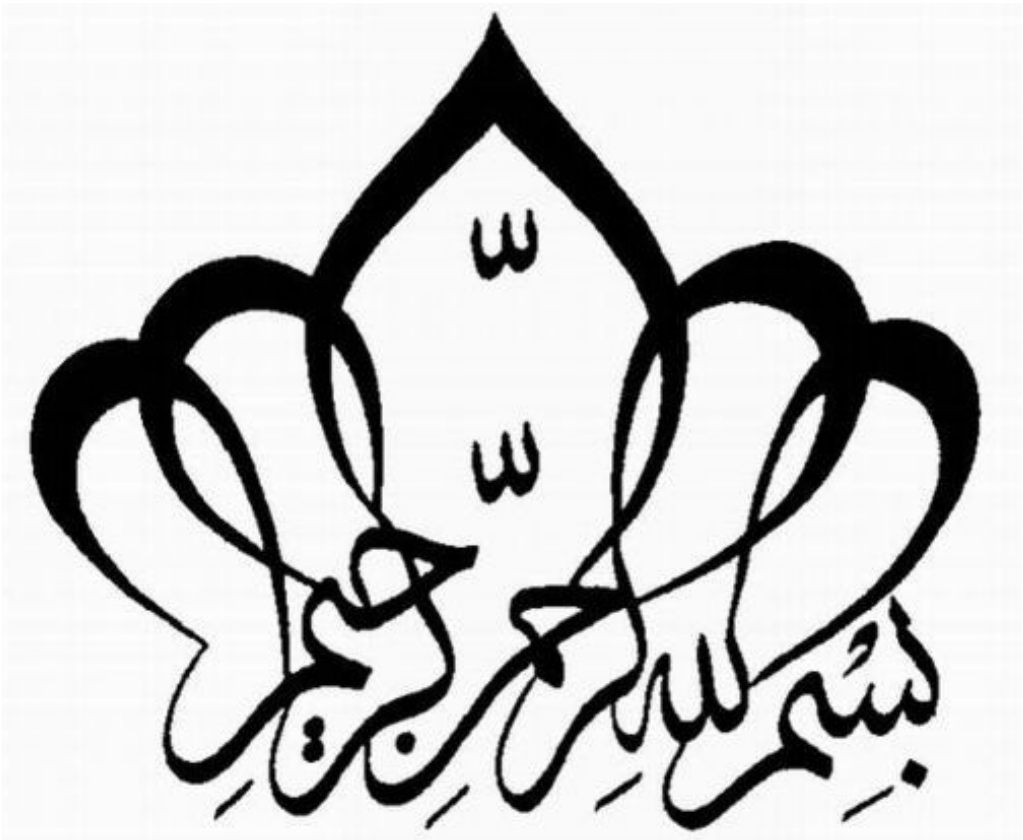

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده فنی– مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش: طراحی فرایندهای نفت

عنوان:

طراحی و ساخت نانوکاتالیست ZSM-5 برای ساخت کاتالیست FCC و RFCC

استاد راهنما:

دکتر محمود ترابی انگجی

استاد مشاور:

دکتر مهدی گوهررخی

نگارش:

فرید فرزانگان قره بلاغ

تابستان ۹۱

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

دانشکده علوم پایه ، گروه شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد"MsC."

گرایش:طراحی فرایند نفت

عنوان :

طراحی و ساخت نانوکاتالیست ZSM-5 برای ساخت کاتالیست FCC و RFCC

نگارش : فرید فرزانگان

تابستان ۱۳۹۱

۱. دکتر محمود ترابی انگجی ـ استاد راهنما

هیأت داوران : ۲ . دکتر مهدی گوهررخی ـ استاد مشاور

۳ . دکتر محمد علی موسویان ـ استاد داور

تقدیم به

به پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

و به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

و به:

همسرم، اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودنم.

سپاسگزاری

الهی شکر تو را زبان نیست و فضل تو را کران نیست.

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

از تمامی کسانی که من را در انجام این پایان نامه یاری رساندند، کمال تشکر را دارم.

فهرست

عنوان صفحه

چکیده ۱

فصل اول: ۲

مقدمه ۲

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- زئولیت چیست ٤

۱-۳- تقسیم بندی زئولیتها بر اساس واحد ساختمانی ۷

۱-۳-۱- زئولیت های A (3A , 4A , 5A) ۱۱

۱-۳-۲- زئولیت های X (10X , 13X) ۱٤

۱-۳-۲-۱- زئولیت های 10X ۱۵

۱-۳-۲-۲- زئولیت های 13X ۱۵

۱-۳-۳- زئولیت های Y ۱۵

۱-۳-٤- زئولیت های ZSM-5 ..... ۱٦

۱-٤- روش های نامگذاری زئولیت ۱۷

۱-۵- تاریخچه ی اولیه زئولیت ۱۸

فصل دوم: ۲۱

زئولیت های طبیعی و مصنوعی ۲۱

۲-۱- زئولیت های طبیعی ۲۲

۲-۲- زئولیت های آلومینو سیلیکاتی و غربال های مولکولی سیلیسی..... ۲۳

۲-۳- زئولیت های آلومینو فسفاتی ۲۵

۲-٤- غربال های مولکولی متالوسیلیکاتی ۲۸

۲-۵- موارد کاربری زئولیت ۳۱

۲-٦- کاربردهای صنعتی زئولیت ۳۲

۲-۷- میزان فروش جهانی زئولیت ۳۵

فصل سوم: ۳۷

سنتز زئولیت ZSM-5..... ۳۷

۳-۱- سنتز زئولیت ۳۸

۳-۲- فاکتورهای مهم در سنتز زئولیت ها ۳۹

۳-۳- زئولیت ZSM-5 ..... ٤۰

۳-۳-۱- تاریخچه ZSM-5 ..... ٤۰

۳-۳-۲- ویژگیهای زئولیت ZSM-5 ..... ٤۲

۳-۳-۲-۱- اندازه سلول واحد ٤۳

۳-۳-۲-۲- میزان عناصر کمیاب..... ٤٤

۳-۳-۲-۳- میزان سدیم ٤۵

۳-٤- ماتریکس ٤۸

۳-۵- پرکننده و اتصال دهنده ٤۹

۳-٦- برخی موارد کاربری ZSM-5 ..... ٤٩

۳-٦-۱- کراکینگ کاتالیستی ٥١

۳-۷- مزایای ادتیو ZSM-5 ..... ٥۳

۳-۸- برخی آزمایشات و تجهیزات آزمایشگاهی مورد نیاز برای تولید کاتالیست ZSM-5 ..... ٥٤

۳-۸-۱- میکروسکوپ الکترونی روبشی ٥٤

۳-۸-۲- پراش (تفرق) اشعه ایکس ٥۷

۳-۸-۳- آنالیز وزنی-گرمایی ٥۸

۳-۸-٤- تبدیل فوریه مادون قرمز ٦٠

۳-۸-٥- خصوصیات فیزیکی ٦۲

۳-۸-٦- خصوصیات شیمیایی ٦۳

۳-۹- نمونه آزمایش انجام شده برای تولید کاتالیست ZSM-5 ..... ٦۷

۳-۹-۱- دستورالعمل سنتز ٦۸

۳-۹-۲- تبدیل NA-ZSM-5 به H-ZSM-5 ..... ٦۹

۳-۹-۳- مشخصات محصول ZSM-5 ..... ٦۹

۳-۹-٤- تاثیر نسبت SI/AL درزئولیت ZSM-5 بر روی MORPHOLOGY (شکل)، اسیدیته و سایز کریستالهای آن ۷٠

۳-۹-٥- تبدیل چهارم (FOURIER) طیف سنجی مادون قرمز نمونه ۷۳

۳-۹-٦- آنالیز توزیع حرارتی نمونه TGA ۷٦

۳-۹-۷- اسیدیته نمونه ۷۷

۳-۹-۸- تحلیل نتایج این آزمایش جهت مقایسه با نتایج این پایان نامه ۷۸

فصل چهارم: ۷۹

سنتز نانو زئولیت ZSM-5 ..... ۷۹

٤-۱- آزمایش ها ۸۰

٤-۲- تعویض یونی آمونیوم ۸۱

٤-۳- فرمولاسیون ZSM-5 ..... ۸۵

٤-٤- بررسی شرایط بهینه شده فرایند ۸۵

٤-٤-۱- اثر PH بر درجه کریستالیزاسیون ۸۵

٤-٤-۲- اثر دمای واکنش بر کریستالیزاسیون ۸۹

٤-٤-۳- اثر نسبت SIO2/AL2O3 ..... ۹۲

٤-٤-٤- اثر زمان واکنش ۹۸

٤-۵- جمع بندی و نتایج ۹۹

پیشنهادات ۱۰۰

منابع و مراجع ۱۰۲

چکیده

در این پژوهش، طراحی و ساخت نانوکاتالیست ZSM-5 برای ساخت کاتالیست FCC[1] و RFCC[2] برای اولین بار در ایران مورد بررسی قرار گرفته است که تعیین شرایط بهینه برای تولید زئولیت ZSM-5 در رسیدن به این هدف، از جایگاه ویژه ای برخوردار است.

به این منظور، تحت شرایط بهینه شده فرایند، جهت تشکیل کریستال نانو زئولیت ZSM-5، تعداد ۴۲ نمونه زئولیت ZSM-5 سنتز شد. نمونه ها در شرایط مختلف فرایند مانند pH ژل(۱۱/۵–۹)، دمای واکنش(°C ۲۰۰–۱۴۰)، نسبت SiO_2/Al_2O_3 (۹۰–۲۰)و زمان واکنش(۳۰hr–۰) در یک راکتور ۵ لیتری استیل ۳۱۶ لهستانی، ساخته شد. سپس این نمونه ها برای بررسی شکل گیری زئولیت ZSM-5 و تعیین درجه کریستالیزاسیون توسط روش پراش پرتو ایکس (XRD[3]) و تبدیل فوریه مادون قرمز (FT-IR[4]) بررسی شد و نتایج برای به دست آوردن شرایط بهینه با یکدیگر مقایسه گردید. برای به دست آوردن درجه کریستالیزاسیون با XRD، روش های محاسباتی مختلفی به کار گرفته شد و نتایج به دست آمده از هر روش با دستگاه های دیگر مانند میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM[5])، سطح ویژه و حجم تخلخل مقایسه شد و در نهایت یک روش دقیق و نسبتاً سریع برای تعیین درجه کریستالیزاسیون با XRD پیشنهاد شده است.

از بررسی ها و مقایسه به عمل آمده می توان چنین نتیجه گرفت که شرایط بهینه برای ساخت زئولیت های ZSM-5 به عنوان ماده افزودنی به کاتالیست FCC عبارت است از:

۱) PHژل اولیه = ۱۰
۲) دمای واکنش = 170 °C
۳) نسبت SiO_2/Al_2O_3 =۶۰–۵۰
۴) حداقل زمان واکنش =۲۴ ساعت

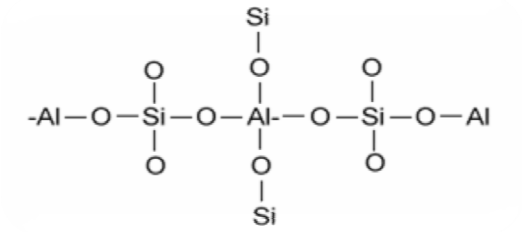
[1] Fluid Catalytic Cracking
[2] Residue Fluid Catalytic Cracking
[3] X-ray Diffraction
[4] Fourier Transform Infrared
[5] Scanning Electron Microscope

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

نزدیک به شش دهه است که پیشرفت های تاریخی و سلسله وار در مواد غربال کننده ی مولکولی[۱] اتفاق افتاده است. این پیشرفت ها از زئولیت های آلومینو سیلیکاتی شروع شده و به مواد آمورف سیلیسی با تخلخل های میکرونی، پلی مورفی های بر پایهٔ آلومینوفسفات، کامپوزیت های متالوسیلیکات و متالو فسفات، چارچوب های اکتاهدرال - تتراهدرال، غربال های مولکولی مزوپورس و اخیراً به چارچوب های آلی فلزی – هیبریدی[۲] رسیده است.



شکل ۱-۱ ساختار خطی زئولیت های آلومینو سیلیکاتی [۱]

خلاصه ای از مباحث تاریخی و پیشرفت های انجام گرفته در این زمینه در ادامه آورده شده است. غربال های ملکولی و زئولیت ها، ترکیباتی متخلخل با تخلخل هایی در اندازه ی مولکولی هستند که قطر این تخلخل ها درگستره ی ۰,۲ تا ۳۰ نانومتر می باشد. مثال هایی از این غربال های مولکولی عبارتند از:

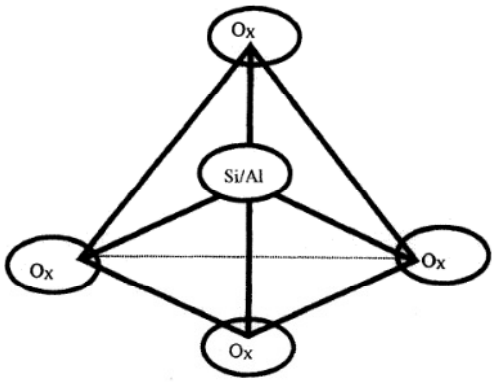
۱)زئولیت ها[۳] ۲)مواد کربنی[۴] ۳)شیشه ها[۵] ۴)اکسیدها[۶]

[1] Materials molecular Sieve
[2] MOF
[3] Zeolites
[4] Carbons
[5] Glasses
[6] Oxides

برخی از این غربال های ملکولی حالت کریستالی داشته و اندازه ی تخلخل ها، در آنها یکسان است (این اندازه ی یکنواخت تخلخل به خاطر ساختار کریستالی آنها پدید آمده است). زئولیت ها مثالی از این گونه مواد هستند. اکثر غربال های مولکولی که امروزه مورد استفاده قرار می گیرند، از جنس زئولیت می باشند[۱].

۱-۲- زئولیت چیست

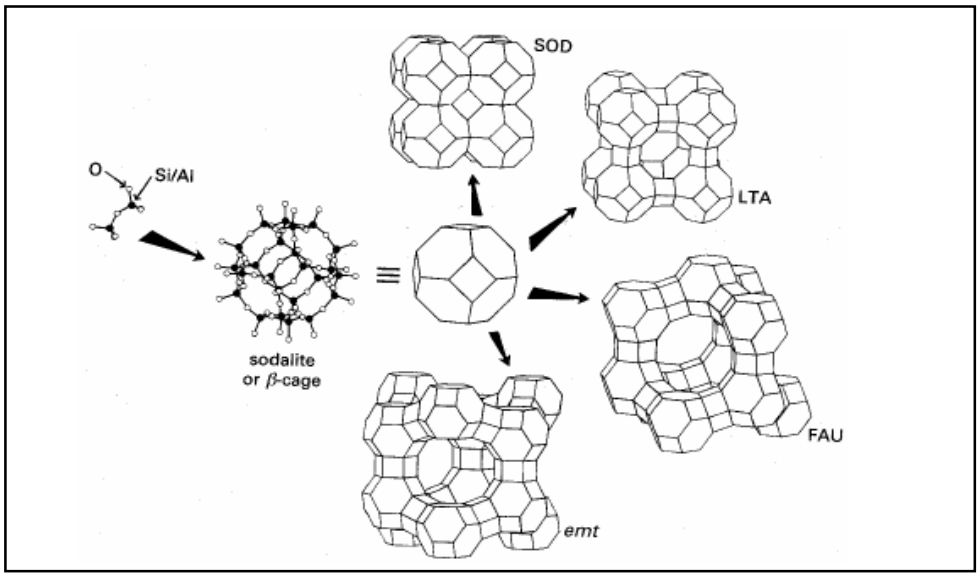
زئولیت ها آلومینو سیلیکات های کریستالی از عناصر گروه اول و دوم اصلی (IIA,IA) مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم هستند. از لحاظ شیمیایی این مواد بوسیله ی فرمول تجربی $M_{x/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y].wH_2O$ بیان می شوند. در این فرمول: Y بین ۲-۲۰۰ و n ظرفیت کاتیون و W آب موجود در تخلخل های زئولیت از لحاظ ساختاری، می باشد. این مواد از شبکه ی سه بعدی تتراهدرال های SiO_4، AlO_4 تشکیل شده اند. که این تتراهدرال ها بوسیلهٔ اشتراک گذاشتن یون اکسیژن به همدیگر متصل گشته اند [۱, ۲, ۶, ۷].



شکل ۱-۲ ساختار زئولیت های آلومینو سیلیکاتی از عناصر گروه اول و دوم اصلی [۱]

هر تتراهدرال (AlO_4) درشبکه دارای بار منفی است، که این بار بوسیله ی کاتیون های وارد شده به شبکه خنثی می شود. این ساختار شبکه ای دارای کانال ها یا تخلخل های متصل به هم است که بوسیله ی مولکول های آب و کاتیون اشغال می شود. این کاتیون ها دارای قابلیت تحرک هستند. معمولاً قابلیت تبادل یونی نیز وجود دارد. آب موجود در این تخلخل ها نیز ممکن است به صورت خود بخود (و یا معمولاً بوسیله ی استفاده از حرارت) تبخیر و زدوده شود. نتیجه ی حاصل از زدایش آب این تخلخل ها، پدید آمدن ساختاری با تخلخل ها و کانال های دست نخورده است. که درصد آنها ممکن است به ۵۰٪ حجمی کریستال ها نیز برسد. کانال های داخل کریستالی و تخلخل ها می توانند یک، دو یا سه

بعدی باشند. معمولاً نوع دو یا سه بعدی برای استفاده شدن درکاربردهای جاذب وکاتالیزورها ترجیح داده می شوند. در اکثر ساختارهای زئولیتی واحدهای سازنده ی اولیه (تتراهدرال های AlO_4) یا (SiO_4) به صورت واحدهای ساختاری ثانویه درکنار هم قرار می گیرند. این واحدهای ساختاری ثانویه می توانند ساختارهای مکعبی، هگزاگونال و یا مکعبی – هشت وجهی باشند. ساختار شبکه ای پایانی از تجمع واحدهای ساختاری ثانویه بدست می آید [۱, ۵, ۶, ۷] (توضیحات بیشتر در بخش ۱–۳).



شکل ۱–۳ واحدهای ساختاری ثانویه [۱]

بیش از هفتاد نوع ساختار شبکه ای متفاوت و جدید از زئولیت ها شناخته شده است. این ساختارها دارای اندازه ی تخلخل هایی درگستره ی ۰/۳– ۱ nm هستند. حجم تخلخل ها در کنار هم در حدود ۰/۱–۰/۳۵ cm^3/g است. اندازه ی تخلخل های زئولیت ها به صورت نمونه وار عبارتند از:

۱. زئولیت های با تخلخل های کوچک و تخلخل های هشت حلقه با قطر آزاد ۰/۳–۰/۴۵ nm مانند زئولیتA
۲. زئولیت های با تخلخل های متوسط و تخلخل های ده حلقه و قطر آزاد ۰/۴۵–۰/۶ nm مانند ZSM-5
۳. زئولیت های با تخلخل های بزرگ و تخلخل های دوازده حلقه با قطر آزاد ۰/۶–۰/۸ nm مانند زئولیت های Y,X
۴. زئولیت های با تخلخل های بسیار بزرگ و چهارده حقله مانند UTD-1

شکل۱-۴ واحدهای ساختاری ثانویه [۱, ۹]

چهارچوب زئولیتی را باید به عنوان یک جسم انعطاف پذیر درنظر گرفت که اندازه و شکل چهار چوب و تخلخل ها با دما و نوع ماده ی همراه با زئولیت تغییر می کند. برای مثال ZSM-5 که برای نئوپنتان استفاده می شود دارای تخلخل های شبه کروی با اندازه ی ۰/۶۲ nm هستند. ولی هنگامی که نوع ماده ی همراه با این زئولیت (نئونپتان) را تغییر دهیم و از یک ماده ی آروماتیک استفاده کنیم شکل تخلخل ها به صورت بیضوی در آمده و اندازه ی آنها در گستردهٔ ۰,۴۵ إلی ۰,۷ نانومتر می شود. برخی از انواع مهم زئولیت ها (بیشتر آنهایی که به صورت تجاری درصنعت وجود دارند) عبارتند از زئولیت های معروفی مانند موردنیت[۱] ، چابازیت[۲]، ارونیت[۳] و کلینو پتیلولیت[۴] و زئولیت های مصنوعی مانند زئولیت های نوع X,A,L,Y موردنیت زئولن[۵] ، ZSM-5، بتا و MCM-22 و زئولیت هایW,F.

تقسیم بندی زئولیتها بر اساس نسبت Si به Al
زئولیت با نسبت Si به Al "کم" (۱ تا ۱,۵): X, A
زئولیت با نسبت Si به Al "متوسط" (۲ تا ۵): A. زئولیت های طبیعی: اریونیت، کلینوپتیلولیت، موردنیت B. زئولیت های مصنوعی: Y، L، موردنیت منافذ بزرگ، امگا
زئولیت با نسبت Si به Al "بالا" (۱۰ تا ۱۰۰): A. اصلاح چارچوب ترموشیمیایی: انواع بسیار سیلیسی Y، موردنیت، اریونیت B. سنتز مستقیم: ZSM-5 ، بتا
غربال های مولکولی سیلیسی (Si / AL > ۱۰۰): سیلیکالیت

جدول۱-۱ تقسیم بندی زئولیتها بر اساس نسبت Si به Al

[1] Mordenite
[2] Chabazite
[3] Eronite
[4] Clinoptilolite
[5] Zeolon mordenite

جز ابتدایی ساختمان کریستال زئولیت را سلول واحد[1] می نامند. سایز سلول واحد[2] فاصله میان سلولهای تکرارشونده در ساختار زئولیت است. یک سلول واحد در شبکه زئولیت Y شامل ۱۹۲ موقعیت اتمی است، ۵۵ اتم آلومینیوم و ۱۳۷ اتم سیلیکون. این نتیجه با توجه به نسبت مولی سیلیس به آلومینا که حدود ۵ است حاصل می شود. UCS پارامتر مهمی در تعیین ویژگی ساختاری زئولیت می باشد.

کاربرد	نسبت Silica/Alumina	سایز اندازه حفرات(A^0)	نوع زئولیت
تولید شوینده	2-5	4.1	زئولیت A
کاتالیستهای کراکینگ و هیدروکراکینگ	3-6	7.4	فوجاسیت
کاتالیستهای کراکینگ و هیدروکراکینگ، ایزومریزاسیون زایلن، آلکیلاسیون بنزن، موم زدایی کاتالیستی و تبدیل متانول	30-200	5.2 X 5.8	ZSM-5
هیدرو ایزومریزاسیون-موم زدایی	10-12	6.7 X 7.0	موردنیت

جدول۱-۲ کاربردهای غربالهای مولکولی(زئولیتها) بر اساس نسبت Si به Al

علاوه بر تقسیم بندی های ارائه شده در بخش ۱-۲، با توجه به فراوانی زئولیتها، تقسیم بندی های دیگری را برای این مواد می توان در نظر گرفت. در ادامه تقسیم بندی زئولیتها بر اساس واحد ساختمانی، شرح داده می شود [۱, ۵, ۶, ۷].

۱-۳- تقسیم بندی زئولیت ها بر اساس واحد ساختمانی

زئولیت‌ها را برمبنای واحد ساختمانی به سه نوع اولیه، ثانویه و پلی هدرال طبقه‌بندی می‌کنند.

[1] Unit cell
[2] Unit cell size(UCS)

واحدهای ساختمانی اولیه با آرایش‌های گوناگون در اشکال هندسی متفاوتی کنار هم قرار گرفته واحدهای ساختمانی ثانویه را تشکیل می‌دهند. اگر چند واحد ثانویه کنار هم قرار گیرند، اشکال فضایی متنوعی بنام پلی هدرال را تشکیل می‌دهند که از ترکیب چند پلی هدرال، بلورهای زئولیتی تشکیل می‌شوند. نحوه قرار گرفتن و شکل پلی هدرال سبب ایجاد کانالهایی در درون شبکه بلور زئولیت می‌شود، که ساختمان کریستال زئولیت در قطر این کانالها و ارتباط میان آنها موثر است.

شکل۱-۵ قفس سودالیت (قفس β) [۱]

دهانهٔ منافذ زئولیت ها بوسیلهٔ حفرات ۶-۸-۱۰-۱۲حلقه ای شکل گرفته اند(زئولیت های با منافذ کوچک، متوسط، بزرگ). یک دسته از زئولیت ها مانند واحدهای ساختاری سه گانه، از پلی هدرال تشکیل شده اند. این دسته شامل اکتاهدرال کوتاه (سودالیت یا قفس β، شکل ۱-۵) میباشند، که شامل حلقه های ۴ و ۶ تایی هستند که می توانند به روش های مختلفی در تماس باشند تا ساختارهای بنیادی زئولیت را شکل بدهند. قفس سودالیت که از ۲۴ تترا هدرال تشکیل شده است، از نظر شماتیکی به شکل یک پلیگون نشان داده می شود که بوسیلهٔ اتصال مراکز تترا هدرای همسایه (مجاور هم) در یک ردیف تولید می گردد. هر سر این پلی هدرال یک اتم سیلیکون یا آلمینیوم و نقطهٔ میانی یا نزدیک به مرکز هر گوشه یک اتم اکسیژن را نشان میدهد [۱, ۷].

قفس β به عنوان یک واحد ساختمانی ثانویه می‌تواند با اتصالات گوناگونی، زئولیت‌های مختلفی همچون زئولیت A، سودالیت[1] و فوجاسیت[2] را بوجود آورد(شکل ۱-۳).

عوامل موثر در نفوذ مولکولها به اسکلت زئولیت عبارتند از:

[1] Sodalite
[2] Faujasite

- اندازه و شکل دریچه‌های ورودی کانالها و حفرات زئولیت
- اندازه و شکل مولکولهای میهمان
- تعداد، محل و اندازه کاتیونهای قابل تعویض
- وجود یا عدم وجود نقص در ساختار کریستالی که معمولاً در اثر جابجاشدگی توده ماده و بسته شدن یا باریک شدن بعضی از راههای نفوذ به شبکه اتفاق می‌افتد.
- حضور یا عدم حضور مولکولهای میهمان دیگر که قویاً بوسیله شبکه نگهداری می‌شوند، مانند آب، آمونیاک و نمکها که در فرآیند جذب موثرند.

بطور کلی سه عامل در کاربرد تجارتی و صنعتی زئولیت ها مهم می باشد که عبارتند از:

شیمی ساختمانی، فراوانی و قابلیت دسترسی و ارزش اقتصادی.

یک تفاوت مهم بین زئولیت طبیعی و مصنوعی این است که، زئولیت طبیعی می‌تواند ناخالصی و ناهماهنگی‌هایی داشته باشد ولی نوع مصنوعی با درجه خلوص بالا برای کاربردهای مشخص طراحی و تولید می‌شود. نوع مصنوعی بیشتر برای غربال کردن و به عنوان کاتالیزور بکار می‌رود ولی نوع طبیعی به عنوان جذب‌کننده یا تبادل یونی در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نسبت Si به Al تاثیر بزرگ دیگری بر اسیدیت زئولیت ها می باشد. زئولیت ها می توانند برحسب افزایش نسبت Si به Al و خصوصیات مربوط به اسیدی/بازی نیز طبقه بندی شوند که در جدول ۱–۳ آمده است.
از آنجاییکه ظرفیت تعویض یونی به میزان Al_3^+ زئولیت ها مربوط می شود، گونه هایی که نسبت Si به Al پایین تری دارند، تجمع بالاتری از مراکز فعال دارند. زئولیت های با تجمع بالای پروتونها آب دوست می باشند و میل پیوندی زیادی به ملکولهای کوچک که می توانند وارد حفرات شوند، دارند. زئولیت هایی با تجمع پایین H^+ ، مانند سیلیکات، آب گریز می باشند و می توانند ترکیبات آلی (برای مثال اتانول) را از محلول مائی جمع نمایند. حد در نسبت Si به Al در حدود ۱۰ قرار دارد. پایداری شبکه بلوری نیز با افزایش نسبت Si به Al افزایش می یابد. دمای تجزیه زئولیت ها در محدودهٔ °C ۷۰۰–۱۳۰۰ قرار دارد. زئولیت های با مقدار کم آلومینیوم بوسیلهٔ آلومینیوم زدایی با معرف هایی مانند

$SiCl_4$،که با تشکیل $AlCl_3$ آلومینیوم را از ساختمان زئولیت حذف می نمایند، تولید می شوند. زئولیت Y که با این روش یا تریتمنت هیدروگرمایی با بخار در دمای °C (۹۰۰–۶۰۰) تولید می شود، به عنوان یک زئولیت بسیار پایدار مورد توجه قرار گرفته و در کراکینگ کاتالیزورها به کار گرفته می شود.

خصوصیات اسیدی/بازی	زئولیت	نسبت Si / Al
پایداری نسبتاً پایین شبکه پایداری کم در اسیدها پایداری بالا در بازها غلظت بالای گروه های اسیدی با قدرت متوسط	A , X	پایین (۱/۵–۱)
پایداری پایین شبکه پایداری کم در اسیدها پایداری در بازها	اریونیت چابازیت چینوپتیلولیت موردنیت Y	متوسط (۵–۲)
پایداری نسبتاً بالای شبکه پایداری بالا در اسیدها پایداری کم در بازها غلظت کم گروه های اسیدی با قدرت بالا	ZSM-5 اریونیت آلومینیوم زدایی شده موردنیت Y	بالا (∞ تا ۱۰)

جدول۱–۳ طبقه بندی زئولیت های اسیدی با افزایش نسبت Si به Al

بیشترین قدرت دهندگی پروتون در زئولیت هایی با کمترین تجمع AlO_4^- چهاروجهی مانند ZSM-5 و زئولیت بسیار پایدار HY نشان داده می شود. این نمونه ها سوپر اسیدها می باشند که در دماهای بالا (در حدود °C۵۰۰) می توانند حتی آلکانها را پروتون دار نمایند. قدرت اسیدی به تعداد اتم های آلومینیومی که در مجاورت یک گروه سیلانول قرار دارند، بستگی دارد. از آنجاییکه توزیع آلومینیوم غیر یکنواخت است، نتیجه آن، وجود گستره وسیعی از قدرتهای اسیدی می باشد [۱, ۵, ۶, ۷].

طبقه بندی زئولیت های سنتزی برحسب ساختار به صورت زیر می باشد:

۱-۳-۱- زئولیت های A (3A , 4A , 5A)

۱-۳-۲- زئولیت های X (10X , 13X)

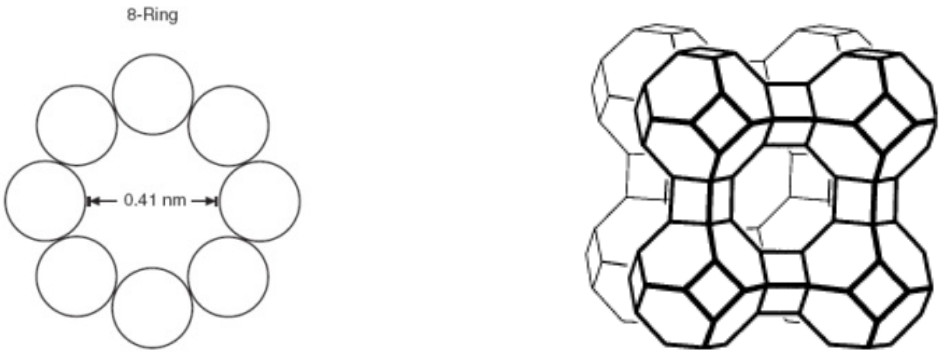
۱-۳-۳- زئولیت های Y

۱-۳-۴- زئولیت های ZSM-5

اصل کلی در مورد زئولیت ها اینست که اندازهٔ حفرهٔ زئولیت ها به صورت غربال عمل می نماید، ملکول های کوچکتر را به دام می اندازد و بقیه عبور می نمایند، بنابراین کوچکترین و قطبی ترین ملکول ها اولین ملکول هایی هستند که جذب می شوند. به همین دلیل است که در صورت وجود آب در خوراک لایهٔ غربال ملکولی قبل از حذف دیگر ناخالصی ها به آن اختصاص پیدا می کند. بسته به نوع خوراک و گونه های حذفی انتخاب زئولیت صورت می گیرد. در زیر انواع مختلف زئولیت ها به همراه مشخصات آن ها آورده شده است.

۱-۳-۱- زئولیت های A (3A , 4A , 5A)

ترکیبات اصلی در غربال های ملکولی نوع A آلومینوسیلیکات ها هستند. هنگامیکه قطر حفره ۴ آنگستروم باشد غربال ملکولی 4A یا NaA می باشد. وقتی که یون Na^{+} در زئولیت 4A جانشین $Ca2^{+}$ شود قطر حفرات به ۵ آنگستروم می رسد در این صورت غربال ملکولی را 5A یا CaA می نامند.



شکل۱-۶ زئولیت های نوع A [۱,۳]