



واحد صنعتی امیرکبیر

معاونت پژوهشی



جمهوری اسلامی ایران

وزارت صنایع و معادن

سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

عنوان:

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی تولید زئولیت مصنوعی

مشاور:

جهد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

معاونت پژوهشی

مرداد ۱۳۸۷

آدرس: تهران - خیابان حافظ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران) - جهد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی - تلفن: ۸۸۸۰۸۷۵۰ و ۸۸۸۹۲۱۴۳ - فکس: ۸۸۸۰۶۹۸۴

Email: research@jdamirkabir.ac.ir

www.jdamirkabir.ac.ir

خلاصه طرح

نام محصول	زئولیت مصنوعی	
موارد کاربرد	کاغذ سازی، ساخت فیلتر، عکاسی، تصفیه آب، یخچال‌های نوری، جذب اکسیژن و غیره	
ظرفیت پیشنهادی طرح	۳۰۰۰۰ (تن)	
عمده مواد اولیه مصرفی	خاک‌های آتشفشانی، کائولن، آلومینا سیلیکاتها	
میزان مصرف سالیانه مواد اولیه	۳۰۰۰۰ (تن)	
کمبود مصرف محصول (سال ۱۳۹۰) (تن)	۶۰۰۰	
اشتغال‌زایی (نفر)	۳۵	
سرمایه‌گذاری ثابت طرح	ارزی (یورو)	-
	ریالی (میلیون ریال)	۲۶۶۸۷
	مجموع (میلیون ریال)	-
سرمایه در گردش طرح	ارزی (یورو)	-
	ریالی (میلیون ریال)	۳۴۴۲
	مجموع (میلیون ریال)	-
زمین مورد نیاز	(متر مربع)	۷۵۰۰
زیربنا	تولیدی (متر مربع)	۳۰۰۰
	انبار (متر مربع)	۷۲۸
	خدماتی (متر مربع)	۲۴۰
مصرف سالیانه آب، برق و گاز	آب (متر مکعب)	-
	برق (کیلو وات)	۸۸۰
	گاز (متر مکعب)	۱۱۰
محل‌های پیشنهادی برای احداث واحد صنعتی	استان‌های سمنان، کرمان، اردبیل و تهران	

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۲)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی

فهرست مطالب

صفحه	عناوین
۵	۱- معرفی محصول.....
۱۹	۱-۱- نام و کد آیسیک محصول.....
۱۹	۱-۲- شماره تعرفه گمرکی.....
۲۰	۱-۳- شرایط واردات.....
۲۰	۱-۴- بررسی و ارائه استاندارد (ملی یا بین‌المللی).....
۲۰	۱-۵- بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت تولید داخلی و جهانی محصول.....
۲۱	۱-۶- توضیح موارد مصرف و کاربرد.....
۲۳	۱-۷- بررسی کالاهای جایگزینی و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول.....
۲۳	۱-۸- اهمیت استراتژیکی کالا در دنیای امروز.....
۲۴	۱-۹- کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول (حتی‌الامکان سهم تولید یا مصرف ذکر شود).....
۲۵	۱-۱۰- شرایط صادرات.....
۲۶	۲- وضعیت عرضه و تقاضا.....
۲۶	۲-۱- بررسی ظرفیت بهره‌برداری و روند تولید از آغاز برنامه سوم تا کنون و محل واحدها و تعداد آنها و سطح تکنولوژی واحدهای موجود، ظرفیت اسمی، ظرفیت عملی، علل عدم بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌ها، نام کشورها و شرکت‌های سازنده ماشین‌آلات مورد استفاده در تولید محصول.....
۲۶	۲-۲- بررسی وضعیت طرح‌های جدید و طرح‌های توسعه در دست اجرا (از نظر تعداد، ظرفیت، محل اجراء، میزان پیشرفت فیزیکی و سطح تکنولوژی آنها و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده اعم از ارزی و ریالی و مابقی مورد نیاز).....
۲۷	۲-۳- بررسی روند واردات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ (چقدر از کجا)
۲۹	۲-۴- بررسی روند مصرف از آغاز برنامه.....
۳۰	۲-۵- بررسی روند صادرات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ و امکان توسعه آن (چقدر به کجا صادر شده است).....
۳۰	۲-۶- بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات تا پایان برنامه چهارم.....

صفحه	عناوین
۳۱	۳- بررسی اجمالی تکنولوژی و روش‌های تولید و عرضه محصول در کشور و مقایسه آن با دیگر کشورها.....
۵۸	۴- تعیین نقاط قوت و ضعف تکنولوژی‌های مرسوم (به شکل اجمالی) در فرآیند تولید محصول.....
۵۹	۵- بررسی و تعیین حداقل ظرفیت اقتصادی شامل برآورد حجم سرمایه‌گذاری ثابت به تفکیک ریالی و ارزی (با استفاده از اطلاعات واحدهای موجود، در دست اجراء، UNIDO و اینترنت و بانک‌های اطلاعاتی جهانی، شرکت‌های فروشنده تکنولوژی و تجهیزات و ...)
۷۴	۶- میزان مواد اولیه عمده مورد نیاز سالانه و محل تأمین آن از خارج یا داخل کشور قیمت ارزی و ریالی آن و بررسی تحولات اساسی در روند تأمین اقلام عمده مورد نیاز در گذشته و آینده.....
۷۴	۷- پیشنهاد منطقه مناسب برای اجرای طرح.....
۷۶	۸- وضعیت تأمین نیروی انسانی و تعداد اشتغال.....
۷۶	۹- بررسی و تعیین میزان تأمین آب، برق، سوخت، امکانات مخابراتی و ارتباطی (راه - راه‌آهن - فرودگاه - بندر ...) و چگونگی امکان تأمین آنها در منطقه مناسب برای اجرای طرح.....
۷۷	۱۰- وضعیت حمایت‌های اقتصادی و بازرگانی.....
۷۹	۱۱- تجزیه و تحلیل و ارائه جمع‌بندی و پیشنهاد نهایی در مورد احداث واحدهای جدید.....
۸۰	۱۲- منابع و ماخذ.....

۱- معرفی محصول

بندرت در جوامع صنعتی، یک ماده غیر آلی به اندازه زئولیت‌ها از کاربرد وسیعی برخوردار شده‌اند. از اولین پژوهش انجام شده در سال ۱۹۴۸ در شرکت یونیون کارباند تا اواخر سال ۱۹۷۲ بیش از ۷۰۰۰ مقاله در ایالات متحده در علوم و تکنولوژی زئولیت منتشر شده است. گسترش بین‌المللی و تجارت پر فائده غربال ملکولی زئولیتی گواهی بر اهمیت آن است همچنین کنفرانس‌هایی در این زمینه انجام گرفته است مثلاً در U.S.S.R در اولین کنفرانس برای زئولیت‌ها آکادمی علوم اتحاد جماهیر شوروی در لنینگراد در سال ۱۹۶۴ حدود ۸۱ مقاله در علوم و کاربرد زئولیت‌ها را پذیرا شد. در کنفرانس بین‌المللی انجمن صنایع شیمیایی در بریتانیای کبیر مقاله ای از ساختمان غربال ملکولی توسط Barrer مقاله دیگر از ۲۰۰ دانشمند دیگر از ۱۸ کشور جهان ارائه شده (آوریل ۱۹۶۷) در کنفرانس بعدی در ایالات متحده در سال ۱۹۷۰ بوسیله Sano و Flanigen و دیگران ۷۷ مقاله در این زمینه ارائه شدند.

زئولیت‌ها از سال ۱۷۵۰ شناخته شده بودند اما تا سال ۱۹۳۰ آنالیز کریستالی آنها انجام نشده بود تحقیقات بطور وسیع توسط شرکت یونیون کار باید از این سال شروع گردید که تا کنون ادامه دارد. طبعاً با تحقیق و پیشرفت زیادی که جهت سنتز زئولیت شد یونیون کار باند را تا حدی به زئولیت‌های طبیعی بی‌نیاز کرد. استفاده از ذخائر زئولیت‌های طبیعی ۲۵ سال یا بیشتر ادامه یافت و با شناخت و کاربرد بیشتر زئولیت با عنوان کاتالیست و غربال ملکولی به دامنه تولید آنها افزوده شدند. بطوریکه کاربرد ویژه آنها با توجه به پائین بودن هزینه ساخت از طریق مصنوعی اهمیت یافته است.

تکنولوژی غربال ملکولی

زئولیت‌ها با توجه به خواص و کاربردهای آنها در شیمی آلی و غیر آلی و شیمی فیزیک مدرن، شیمی کلوئیدی، بیوشیمی، کانی‌شناسی، جغرافیا، هندسه، شیمی، کریستالوگرافی، کاتالیست‌ها و در همه نوع تکنولوژی بروسلمهای مهندسی شیمی مورد توجه قرار گرفته‌اند. کاربردهای وسیع آنها شامل: جداسازی بازیابی پارافین نرمال از هیدروکربن‌ها، کاتالیست‌های واکنش هیدروکربن‌ها، خنک کردن برای فشردن و سرد کردن جداسازی ترکیبات هوا، حمل کاتالیزور در تهیه پلاستیک‌ها و رابرها، بازیابی یون‌های رادیواکتیو از محلول‌های رادیواکتیو، دفع و جذب دی‌اکسید کربن و ترکیبات گوگرد از گاز طبیعی، نمونه‌گیری هوا در

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۵)

ارتفاع مختلف، حل شدن آنزیم‌ها، جداسازی هیدروژن از ایزوترن‌ها، رفع آلودگی هوا، کشاورزی و صنایع دارویی.

زئولیت از نظر لغوی به معنای سنگ جوش می‌باشد که از دو کلمه یونانی گرفته شده است تاکنون بیش از ۴۰ نوع از زئولیت‌های طبیعی و ۱۵۰ نوع زئولیت مصنوعی شناخته شده‌اند تا همین اواخر (تا سال ۱۹۸۲) زئولیت‌ها را جز دسته‌ای از دیسکانت‌های جاذب از مواد آلومینیو سیلیکات‌های کریستالی، که از نظر شیمیایی مشابه با خاک رس و فلدسپار هستند می‌دانستند اما در آن سال مسلم گشت که زئولیت‌ها فقط منحصر به آلومینیو سیلیکات‌ها نبوده بلکه با پیشرفتهای که اخیراً صورت گرفته شده دریافتند که علاوه بر عناصر Si و Al و Ca و Ga و Fe در ساختمان آنها ترکیباتی نیز از چند عنصر از جمله Li, Be, B, Mg, Zn وجود دارد.

گرچه تنها ۶۰ ساختمان ملکولی با توپولوژی متفاوت شناخته شده است لکن ده‌ها هزار ساختمان ملکولی از نظر تئوری محتمل است که بسیاری از ساختمانهای شناخته شده دارای پایداری حرارتی و شیمیایی زیادی هستند همین امر موجب می‌شود که زئولیت‌ها در دامنه وسیعی از فرآیندهای مهم صنعتی نظیر جداسازی، تخلیص، تعویض یونی و کاتالیزوری مواد مفید باشند.

در بسیاری از کاربردها بخصوص در صنعت نفت و پتروشیمی زئولیت‌ها در اکثر، فرایندهای جدید جا افتاده‌اند. زئولیت‌ها کنترل ملکول را در ورود و خروج از محل واکنش و همچنین کنترل اندازه و استرئوشیمی محل واکنش، کنترل ملکولی واکنش شیمیایی و نهایتاً مهندسی ملکولی را برای ملکولی با ابعاد کمتر از 10 \AA تسهیل نمودند.

از نظر ساختمان ملکولی زئولیت‌ها، دارای کریستالهای پلیمری و غیر آلی از شبکه‌های چهار وجهی SiO_2 و AlO_2 می‌باشند که توسط اتصالات اکسیژنی به هم پیوسته و یک شبکه فضائی را ایجاد کرده که کاتیونهای فلزی در اطراف این چهار وجهی‌ها پراکنده‌اند این ساختمان مشبک حاوی شیارها و یا فضاهای مرتبط به یکدیگر می‌باشند که توسط کاتیونها موجود و یا مولکولهای آب اشغال شده است. کاتیونها متحرک بوده و تعداد آنها زیاد است و معمولاً محل تعویض یونی هستند آب را نیز می‌توان بطور بازگشتی جدا کرد که عموماً با بکارگیری حرارت میسر است که در این حالت ساختمان کریستالی بدون آب و اصطلاحاً دی‌هیدرات‌های وجود خواهد داشت که دارای میکرومنفذهائی است که تقریباً ۵۰٪ حجم کریستال‌ها را به خود اختصاص داده و بدین ترتیب با اعمال حرارت، ملکولهای آب، ساختمان کریستالی مزبور را ترک خواهند کرد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۶)

در بعضی از زئولیت‌ها عمل آبدگیری می‌تواند منجر به ایجاد اغتشاشات پاره‌ای از ساختمان زئولیت منجمله تغییر مکان کاتیون و تا اندازه‌ای تغییر شکل خود زئولیت گردد.

اصولاً ساختمان زئولیت‌ها از سه جنبه مورد بررسی قرار می‌گیرد:

۱- آرایش اساس واحدهای پایه و منفرد در فضا که توپولوژی شبکه را معین می‌نماید.

۲- موقعیت و مکان‌های کاتیونهای فلزی موازنه‌کننده بار

۳- نوع مواد پرکننده کانالها و شارهای زئولیت در حین تشکیل که عموماً آب می‌باشد.

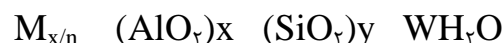
بعد از آنکه آب از ساختمان کریستالی زئولیت جدا شد فضای خالی موجود در شبکه می‌تواند جهت جذب گازهایی از دیگر مایعات، نمک‌ها، عناصر و نیز سایر اجسام بکار گرفته شود.

در زئولیت‌ها، سیستم حفره‌ها و فضاهای خالی قفسه‌ای شکل ممکن است پیوسته با متشکل از شیارهای یکنواخت باشد که در بعضی از موارد تک بعدی بوده و در مواردی دیگر از قطع شدن این شیارها در سیستم

۲ یا ۳ بعدی فراهم می‌گردد. ساختمان مطلوب ساختمانی با شیارهای ۲ یا ۳ بعدی می‌باشد که سبب نفوذ سریع و ملکولها به درون کریستالها در کاربردهایی چون جذب ی یا بعنوان کاتالیست می‌گردد

محققین امروزه با استفاده از اسبابهای چون کریستالوگرافی با اشعه X توانسته‌اند به شرح و تفسیر دقیق بسیاری از ساختمانهای زئولیت‌ها بپردازند.

فرمول ساختمانی زئولیت متکی بر ترکیب و خد کریستالی می‌باشد که واحد ساختمانی آن با فرمول شیمیایی زیر ارائه می‌گردد.



که n ظرفیت کاتیون مورد نظر M و W تعداد ملکولهای آب بر واحد شبکه و X و Y نیز کل تعداد چهار وجهی‌ها، در یک شبکه است که X و Y معمولاً در محدوده ۵-۱ قرار دارد اما اخیراً پاره‌ای از زئولیت‌ها با

مقدار سیلیکای بالاتری تهیه شده‌اند که در آنها X و Y بین ۱۰۰-۱۰ و یا حتی بیشتر از آن قرار داشته‌اند.

در غالب ساختمان‌های زئولیتی واحدهای اولیه و پایه از آنها (بصورت چهار وجهی) در درون واحدهای ثانوی که می‌تواند چند وجهی‌های ساده‌ای چون مکعب منشور ۶ وجهی و یا نوعی هشت وجهی باشند. تجمع می‌یابند که شکل نهائی شبکه پس از تکرار واحدهای ثانوی تامین می‌گردد اما مدل‌های ساختمانی غالب

آنها بر مبنای اسکلت بندی چهار وجهی‌ها بنا می‌گردد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۷)

ساختمان ملکولی زئولیت‌ها یک چهار وجهی با چهار اتم اکسیژن در یک اتم سیلیس (SiO_4^{-4}) مطابق شکل ۲-۰ می‌باشند. زئوس این چهار وجهی‌ها با اشتراک گذاشتن اتم اکسیژن به هم متصل شده تا واحدهای ساختمانی کوچک ثانویه را مطابق شکل دهند که خود با اتصال به همدیگر دامنه وسیعی از چند وجهی‌ها را تشکیل می‌دهند اینها به نوبه خود در اثر اتصال به هم اسکلت گسترده‌ای از ساختمان کریستالی زئولیت‌های متنوع را بوجود می‌آورند.

باید توجه داشت که احتمال جایگزینی سیلیسم در شبکه توسط سایر عناصر وجود دارد که به پیچیدگی آن می‌افزاید کاتیونهای عناصر موردنظر بایستی در فضای بین چهار وجهی اتم اکسیژن بدون ایجاد کشش زیاد مستقر شوند و همچنین از نظر بار الکتریکی خنثی باشد در این میان Si^{+4} خنثی است لکن جایگزینی اتم Al^{+4} با Si^{+4} در شبکه، یک بار منفی بوجود می‌آورد که توسط کاتیونهای غیر شبکه‌ای (مانند Na^+) که در منافذ با حفره‌های ساختمان قرار می‌گیرند، جبران می‌شود از آنجائی که کاتیونها مثل Si^{+4} و یا Al^{+4} در درون شبکه بوسیله چهار اکسیژن مستحکم نشده‌اند. لذا کاتیونها جبران کننده باز نسبتاً متحرک بوده و در بسیاری از موارد می‌توانند به سهولت توسط کاتیونهای دیگر مبادله و جانشین گردند هر قدر تعداد جایگزینی Si^{+4} توسط کاتیونهای با ظرفیت کمتر (معمولاً آلومینیم یا گالیوم) بیشتر باشد. تعداد کاتیون‌های متحرک نیز زیادتر خواهد بود لذا ظرفیت تعویض آن زئولیت هم بیشتر خواهد شد. این قابلیت تغییر جایگزینی ایزومرف نامیده می‌شوند و اشکال متعددی از ساده ترین حالت را بخود می‌گیرد. براحتی می‌توان زئولیت‌ها را بر حسب ابعاد منافذ ساختمانی به یک و دو و سه بعدی تقسیم بندی کرد.

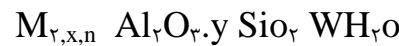
انواع زئولیت‌ها

در ۶۰ سال پیش از مطالعه بر روی، کریستالهای بدون آب، زئولیت‌های طبیعی خصوصیات جذب گازی آنها کشف شد و از آن به بعد به رفتار غربال ملکولی پی برده شد. کریستال زئولیت‌ها دارای میکروپورهائی می‌باشد. که بطور یکنواخت در آن گسترده است و بطور انتخابی به جذب و یا دفع و بازگشت ملکولها بر مبنای اندازه آنها مبادرت می‌کنند.

این خصوصیات به همراه فرایندهای ممتری که در امر جدا کردن مواد، توسط زئولیت‌ها انجام می‌گرفت سبب شد تا کوشش‌هایی در جهت تولید زئولیت‌ها از طریق سنتزی بعمل آیند از آن پس بسیاری از

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۸)

زئولیت‌های کریستالی بطرق مصنوعی ساخته شدند که هر کدام تامین‌کننده اهدافی خاص در صنایع شیمیایی بودند. امروزه بیش از انواع ۱۵۰ نوع زئولیت و ۴۰ نوع زئولیت معدنی (طبیعی) شناسایی شده‌اند. زئولیت‌ها معمولاً نامگذاری سیستماتیک ندارند. زئولیت‌های طبیعی بتدریج که شناخته شدند نامی متداول زمان بر آنها نهادند فرمول شیمیایی تجربی تمام زئولیت‌ها بصورت زیر معرفی می‌گردد.



Y برابر و یا بزرگتر از ۲ می‌باشد و n ظرفیت کاتیون و W نیز آب موجود در فضای خالی زئولیت را بیان می‌دارد

زئولیت‌های معدنی (طبیعی)

کانی‌های زئولیت در اعماق بسیار زیاد زمین و نیز دریا تشکیل شده‌اند و تا حدود ۲۰ سال قبل کانی‌های زئولیتی موجود در سنگ‌های آتشفشانی و بازالتیک مد نظر بودند اما در ۲۰-۲۵ سال قبل، با استفاده از دیفراکسیون اشعه X بر روی سنگ‌های رسوبی، کانیهای متعددی از زئولیت‌ها، در آن شناسایی شد که از تغییر خاکسترهای آتشفشانی در محیط قلیایی تشکیل شده‌اند.

در طبیعت زئولیت‌ها در گودال‌های حاوی توده‌های مذاب و گداخته بارالتیکی و در مناطق چون هاوایی، جزایر اسلند و اسکاتلند و در انواع خاصی از صخره‌ها و سنگ‌هایی که در معرض فشار و دمای ژئولوژیکی (زمین‌شناسی) در خاکسترهای دگرگون شده واکنش ماده و در مواد آتشفشانی بجا مانده‌اند. آتشفشان‌های خارج شده از کوه‌های Casace در ایالات Oregon و میشیگان تجمع صدها میل مکعب از این مواد گسسته‌اند.

ماهیت و هویت بسیاری از این توده‌های بجا مانده و ذخائر زئولیتی از دیدگاه‌های مختلف، توسط کمپانی‌های مختلفی طی فعالیت‌های اکتشافی متعددی آشکار شده است و غالب این ذخائر در سطوح زمین بودند بطوری که به آسانی توسط سولدوزوبالودرهای ساده قابل استخراج شدند.

بعضی از زئولیت‌های مصرفی از نوع معدنی (طبیعی) در حالت خلوص بالا وجود داشته بطوریکه بدون هرگونه فرآیندی و نیز مستقیماً بصورت محصول تجاری در می‌آیند. قابل ذکر است که از میان ۴۰ نوع زئولیت معدنی تنها شابازیت، واربونیت و مردنیت و کلینو بینولولیت در مقدار و خلوص قابل توجهی موجود می‌باشند. که بصورت محصولات تجاری نیز بسهولت در دسترس قرار می‌گیرند. که خود از تغییر و تحولات ایجاد شده

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۹)

بر روی آلومینیو سیلیکات‌های حاصل از خاکسترهای آتشفشانی و در ۲ حالت موسوم به closed_system deposite با نوع دیگر open_system deposite ایجاد می‌شوند که به عنوان مثال در یک کوره در حالت closed در دریاچه Cenozoic واقع در غرب ایالات متحده آمریکا، بقایای خاکسترهای آتشفشانی در یک پرپود طولانی از زمان به زئولیت تبدیل شده اند که به سبب هیدورلیز محتویات قلیایی خاکسترهای آتشفشانی آب حالت قلیایی و نمکی بخود گرفته و خاکسترها به زئولیت شده‌اند که در این گونه موارد می‌توانند با ۹/۵ برسد که زئولیت‌های حاصل از این طریق بصورت بسترهای Flat-Lying آماده بهره برداری می‌باشند در نوع open_system از رسوب بقایای موجود در زمین‌های با بستر ضخیم و تبدیل متعاقب آنها به زئولیت از طرق نفوذ صورت می‌گیرد.

در حالت کلی می‌توان بعضی از انواع سنگ‌های معدنی زئولیتی را با خلوص بالا استخراج نمود که بعد از استخراج توسط عملیاتی بنام خرد کردن و خشک کردن و پودر و غربال کردن آماده مصرف می‌گردند. سنگ‌های معدنی زئولیتی با خلوص کمتر نیز در بازارهای تجاری به عنوان مواد افزودنی به غذای حیوانات عوامل تخلیص‌کننده در زمین‌های کشاورزی و آب زارعی و مواد ساختمانی توسعه و استمرار یافته است.

معادن زئولیت در ایران

کانسارهای زئولیت در نواحی دماوند، سمنان، کرمان، گردنه نعل شکن (جاده قم-تهران)، کوه‌های جنوبی تهران و اطراف حوض سلطان شناسایی شده‌اند که از مساعدترین نواحی برای استخراج در جنوب دماوند اطراف ورامین و سمنان قرار دارد. در جنوب کوه طلحه در ۱۴۰ کیلومتری شرق ورامین به همراه کانسار استرانسیم شناسائی شدند و زئولیت‌های رسوبی این منطقه متجاوز از ۱۵ الی ۲۰ متر ضخامت دارد و رنگ این رسوبات سفید تا سفید مایل به شیری می‌باشد، زئولیت‌های این لایه رسوبی با عیار بیش از ۵۰٪ Stibit است که در سیستم منوکلینیک منتشر شده اند بلورهای آن به شکل الیافی سوزنی به ابعاد میلیمتری می‌باشد همچنین در این رسوبات کلینوپتولیت که این هم در سیستم منوکلینیک متبلور تشخیص داده شده است. کانی‌های دیگر کالیست و ژیبس می‌باشد.

در کانسارهای شرق سمنان در ۱۷-۱۸ کیلومتری جنوب سمنان و در نزدیکی معدن گوگرد واقع است ماده معدنی زئولیت مانند دیگر معادن ایران در سنگ‌های رسوبی آتشفشانی (ائومن) تشکیل شده است. ضخامت این کانسار ۲۰ متر بوده که به رنگ‌های سبز نارنجی و شیری و قرمز در سطح وسیعی پوشانده شده است. در

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۱۰)

رسوبات بیشتر کلینوپتولیت می‌باشد کانی‌های دیگر کوارتز سولفات سدیم و نک طعام است همچنین در معدن بنتونیت سر کویر سمنان بالغ بر ۲۰٪ زئولیت وجود دارد.

کانسار گردنه نعل شکن در جنوب تهران، زئولیت‌ها در داخل حفره‌های سنگ‌های آذرین تشکیل شده‌اند رشد بلورهای زئولیت در این ناحیه در حد سانتیمتر بوده و بیشتر از نوع ناترولیت هستند. در ناحیه چالوس از زئولیت Philliposite دیده شده است.

از مطالب بالا به این نتیجه می‌توان رسید که معادن زئولیتی ایران برای مدت مدیدی قابل بهره‌برداری هستند و باید امر اکتشاف و پی‌جویی آنها را بطور جدی تر پی‌گیری کرد.

زئولیت‌های سنتزی

زئولیت‌های سنتزی، مواد شیمیایی ویژه‌ای با خلوص بالا هستند که دامنه وسیعی دارند که بستگی به ساختمان واحد سلولی و اندازه حفره‌ها و کانال‌ها دارد.

غالب زئولیت‌های سنتزی از نظر ترمودینامیکی در شرایط سنتزی خود محصولات کم‌ثباتی هستند بنابراین آنها را نه تنها تحت شرایط کاملاً کنترل شده دما، فشار و زمان تهیه می‌کنند بلکه از مواد شرکت‌کننده در محیط فیزیکی خاص واکنش و خصوصاً شرایط کنترل سطح هموژنیزاسیون و شرایط تشکیل هسته‌های اولیه استفاده می‌کنند.

بعنوان مثال به هم خوردن و یا Mixing در خلال کریستالیزاسیون می‌تواند نسبت افزایش بهبود بر خورد میان هسته‌های اولیه جسم مطلوب (محصول) بطور زئولیت گشته و یا سبب کریستالیزاسیون نامطلوب در فاز ناخالص گردد.

نمونه‌هایی از زئولیت‌های سنتزی هستند که مشتمل بر زئولیت‌های A و X و Y می‌باشد علاوه بر این زئولیت‌های سنتزی با مقدار سیلیکای زیاد چون ZMS-۵ و ZMS-۵ نیز شناخته و سنتز شده‌اند حتی سیلیکای با خلوص بالا شبکه ساختمانی ماسه تا نیز منتشر گشته از این مواد از مقدار آلومینای کمتری برخوردارند.

زئولیت‌های A و X و Y از هشت وجهی‌های ناقص تشکیل می‌شوند این واحدهای چند وجهی در فضای ۳ بعدی و توسط حلقه‌هایی تا ۴ یا ۶ عضو به یکدیگر متصلند که حلقه‌های ۶ عضوی تشکیل ساختمان زئولیتی ۵ و حلقه‌های ۶ عضوی تشکیل زئولیت‌های X و Y و faujasite می‌نماید

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۱۱)

رشد کریستال

اندازه کریستال‌های فاز X تا دمای کریستالیزاسیون متفاوت است در درجه حرارت اتاق ماکزیمم اندازه کریستال بدست آمده ۰٫۵ میکرون می‌باشد داده‌های مربوط به اشعه X پودری از کریستال زئولیت X از نخستین جوانه در درجه حرارت اتاق در شکل را نشان داده شده است وقتی به همان محلول بتدریج حرارت داده می‌شود (درجه حرارت بالاتر از ۱۰۰) اندازه‌ها افزایش نمی‌یابد.

هسته‌ای شدن و انتقال ذرات بوسیله نفوذ صفحه‌ای و در فصل مشترک مایع-جامد اتفاق می‌افتد در سیستم‌های ژلی غلیظ (در سنتز بیشتر زئولیت‌ها) تماس در داخل سنتز بوده و پیوسته‌های تراکم و انعقاد ممکن است سریعاً اتفاق افتد.

حضور زیاد ذرات یونی در ژل (سوپر اشباع) به هسته‌ای شدن تشکیل هسته‌های بزرگ را تسریع می‌کند هسته‌ای شده به حمل قرار گرفتن کریستال‌ها در طول مدت نگهداری نیز بستگی دارد.

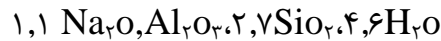
اندازه و بار ذرات کاتیون هیدرات سیلیکا فراهم کننده محل هسته‌ای شدن ساختمان واحد پلی هدارل‌هاست همچنین می‌دانیم کاتیون روی سیلیکات و احتمالاً روی ذرات آلومینات در محلول اثر می‌گذارد. بیشتر ساختمان‌های زئولیت از کریستالیزاسیون ژل‌های سدیم و یا پتاسیم هستند. در طی کریستالیزاسیون ژل، ترکیب درصد آلومینات و سیلیکات بایستی تحت ساختمان کریستالی معین مرتب شوند. این اتفاق در اثر دی‌پلی مریزاسیون و حلالیت ژل‌ها انجام می‌شود.

کریستالیزاسیون ژل آلومینیو سیلیکات آتورف با دی پلی مریزه شده شروع می‌شود. و تولید ذرات آلومینیو سیلیکات محلول می‌کند که هسته‌های ساختمان زئولیت خواهند بود در این تبدیل کاتیون هیدرات شده بصورت کمک دهنده عمل می‌کند.

دومین قسمت کریستالیزاسیون روی فاز جامد شبکه آلومینیو سیلیکات انجام می‌گیرد. که بصورت کریستالیزاسیون جامد در فاز مایع می‌باشد و توسط خاتمی و Flanigan مشاهده شده است.

این کریستالیزاسیون چندین روز بطول می‌انجامد و بستگی به درجه حرارت محیط مخلوط دارد بطور مثال در ژلی که به زئولیت X کریستاله می‌شود جامد فیلتر شده بعد شستشو و خشک شدن دارای فرمول زیر می‌باشد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۱۲)



بعد از ده روز در درجه حرارت محیط ۲٪ زئولیت X و بعد از ۴۷ روز ۲۰٪ زئولیت X دارد.

تغییرات در فاز جامد ژل‌های آلومینیو سیلیکات در طی کریستالیزاسیون زئولیت با تکنیک‌های ایزوترب کربن در هسته‌ای شدن و رشد کریستال‌های زئولیت شناخته می‌شوند. پیشرفت کریستالیزاسیون ژل آلومینیوسیلیکات تولید کریستال زئولیت A می‌کند که در ژل ابتدایی هسته ظاهر شده‌اند که نهایتاً به کریستال‌های مکعبی زئولیت تبدیل می‌شوند جفت شدن یک مشخصه مشترک کریستال‌های زئولیت می‌باشد بطور مثال لایه‌ها در هر مرحله روی صفحات یک کریستال رشد می‌کند.

چهار زیر سیستم در مکانیزم کریستالیزاسیون بیان شده است.

اینها شامل:

- ۱- تشکیل کمپلکس‌های پل هسته‌ای
- ۲- نطفه‌ای شدن بصورت حالت کمپلکس متراکم
- ۳- هسته‌ای شدن بصورت تشکیل متراکم بذر کریستال و تشکیل هسته
- ۴- متراکم شدن ذرات اولیه در داخل مخلوط که بصورت لایه‌های کریستال‌های متراکم جهت می‌یابند.

آنالیز حرارتی و خواص شیمیایی و واکنش زئولیتها

زئولیت‌ها بصورت زیر در واکنش‌ها شرکت می‌کنند:

- ۱- واکنش‌هایی که:
 - آب بصورت هیدرولیزو دی هیدراسیون شرکت دارد.
 - فازهای فرار غیر آب وجود دارند.
 - در داخل محلول توسط یونها انجام می‌گیرد.
- ۲- واکنشهای تجدید کریستالی بعد از عمل دی هیدراسیون
- ۳- نقص ساختمانی
 - کاتیون زدائی و از بین بردن OH^- (دی هیدروکسیلاسیون)
 - دی آلومینلاسیون یعنی از بین بردن اتمهای آلومینیوم
 - پایداری حرارتی

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۱۳)

- احیاء کاتیون فلزی

با توجه به اینکه زئولیتها دارای چندین محل مختلف برای جذب کاتیونها دارند که از همه با اهمیت‌تر جذب آب در این مکان‌هاست که برای شناسای زئولیتها از این خواص استفاده می‌شود. مثلاً در پروسس دی هیدراسیون زئولیتها با آنالیز دیفرانسیلی حرارتی شناسائی می‌شوند. نتیجه‌ای که از آنالیز دیفرانسیلی حرارتی DTA درجه حرارتی که واکنش در آن انجام می‌گیرد را نشان می‌دهد. درجه و تغییرات آنها نشان می‌دهد که واکنش گرماگیر یا گرمازا بوده است و منحنی‌های حاصله در مقایسه با منحنی اصلی، برای شناخت زئولیتها بکار می‌روند

روش بکار رفته روی منحنی دی هیدراسیون دارای اهمیت می باشد در روش ایزوترمال ممکن است نمونه در دمائی حرارت داده شود که هیچ تغییر وزنی اتفاق نیفتد سپس متناسب با افزایش درجه حرارت و تا وقتی که وزن مجدداً ثابت شود نگه داشته، این پروسس را تا موقعی که هیچ کاهش وزنی در درجه حرارت ماکزیمم نداشته باید تکرار می شود. روش دیگر متد دینامیکی است که حرارت داده شده به نمونه مداوماً در نسبت ثابت، وزن کاهش یافته مثبت می شود.

در هر دو متد غلظت بخار آب در تماس با نمونه با اهمیت است تغییرات غلظت بخار آب در تماس با نمونه ممکن است اثر زیادی روی نتیجه می‌گذارد.

بحث‌هایی از نظر تئوری و تکنیکی در مورد آنالیز حرارتی، اندازه نمونه نسبت حرارت دادن و فشار اتمسفری اطراف نمونه است هرچند این فاکتورها را نمی توان در اینجا توضیح داد.

اساس رفتار دی هیدراسیون زئولیتها ممکن است به این ترتیب تقسیم بندی شوند. اینجا که دی هیدراسیون بالائی ندارند تغییرات ساختمانی زیادی را نشان می‌دهند و رفتار منحنی‌های دی هیدراسیون مداوماً بصورت تابعی از درجه حرارت است. زئولیت‌های که ساختمان آنها با دی هیدراسیون تغییر می‌کند منحنی‌های دی هیدراسیون غیرمداوم و مرحله‌ای را نشان می‌دهند.

واکنش با اسید قوی

زئولیتها توسط اسیدهای قوی تجزیه می‌شوند و خیلی از آنها تشکیل ژل جدید می‌دهند سیلیکات‌های معدنی بسته به ساختمان داخلی شان تقسیم می‌شوند. سیلیکات‌هایی که اسید قوی ممکن است تجزیه شوند در داخل گروه ۱ یا ۲ هستند.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۱۴)

۱. آنهائی که از سیلیکای غیر محلول جدا شده و تشکیل ژل نمیدهند.
۲. آنهائی که در واکنش با اسید تشکیل ژل می‌دهند. این قانون برای زئولیت‌ها است که در ساختمان آنها نسبت سیلیکون/آلومینیم $1/5$ است. عموماً صادق است و پس از تجزیه شدن، رسوب هیدروس سیلیکا می‌دهند. زئولیت A برای مثال سریعاً در اسید تجزیه می‌شود و رسوب ژلی می‌دهد. نتایج مشابهی نیز روی زئولیت X بدست می‌آید. مثال دیگر زئولیت Y با نسبت سیلیکون/آلومینیم بزرگتر از $1/5$ در HCl تجزیه شده رسوب سیلیکا می‌دهد. بعضی زئولیت‌ها مشابه این موارد نیست و در اسیدها مقاومت می‌کنند بعداً تبادل یون هیدروژن انجام می‌دهد.
۳. مردبیت و نوع سنتزی آن در محلول اسید پایدار هستند و ممکن است هیدروژن در میان تعویض کننده یونی بوسیله یونهای فلز پروتون با هیدرونیوم تبدیل می‌شود تحت حالات هیدرونرمال اسیدها باعث کریستاله شدن زئولیت‌ها به کائولینیت می‌شوند

واکنش در باز قوی

پایداری و تغییرات ساختمانی زئولیت‌های سنتزی و معدنی در محیط‌های مختلف اهمیت دارد. مکانیزم بسیاری از زئولیت‌های سنتزی اگرچه تحت حالات جزئی پایدار هستند. اما تبدیل جزئی، در زمان پیدا می‌کنند. بنابراین زئولیت A وقتی در محلول هیدروکسید ضعیف برای مدت زیاد قرار گیرد تبدیل به زئولیت p می‌شود در بیشتر محلولهای غلیظ تبدیل زئولیت P به هیدرات هیدروکسی سودالیت (HS) وجود دارد. زئولیت A در همان محلول به زئولیت p مجدداً کریستاله می‌شود. میکروگراف الکترونی نشان می‌دهد که فاز p روی سطح کریستال A کریستاله می‌شود این پروسس در حالت تعادل تحقیق نمی‌یابد و زئولیت p تبدیل به زئولیت A نخواهد شد.

متد آنالیز شیمیایی

آنالیز شیمیایی آلومینیو سیلیکات‌ها جهت شناسائی سنگها در قرن هیجدهم و نوزدهم به تکمیل رسیده است در قرن نوزدهم Smith و همکارانش متدهای کلاسیکی را در مورد آنالیز سیلیکاتی ارائه دادند که تا امروزه بکار برده می‌شوند. در روشهای آنالیز شیمیایی برای تعیین مقدار عناصر از روشهای گراویمتری و یا تیترومتری انجام می‌شود اما روش‌های دستگاهی نیز در این مورد وجود دارد این روشها عبارتند از:

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۱۵)

اسپکتروفوتومتری و فوتومتریک تابشی و می‌باشد که در اینجا بدلیل دقت و سرعت کار این روشها، به آنها اشاره می‌شود.

روش آنالیز شیمیای دستگاهی

برای تعیین عناصر قلیایی و قلیائی خاکی از روش فیلم فتومتری استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری کلسیمو منیزیم از طریق تیترومتری انجام پذیر می‌باشد. طیف‌سنجی جذب اتمی بخوبی برای آهن و منگنز بکار می‌رود و همچنین در تعیین عناصری که در متدهای دیگر حساسیت نشان می‌دهند، مثل مس و روی نیز بکار می‌رود.

روش طیف‌سنجی جذب اتمی برای تعیین سیلیکا و آلومینیا بکار گرفته می‌شود البته در تعیین آلومینیم از روشهای گراویمتری و تیترومتری نیز می‌توان استفاده کرد ولی بایستی قبلاً عناصر آهن تیتانیم، منگنز، کروم، وانادیم، زیرکونیم و فسفر جدا شوند و روش اسپکتروفوتومتری، طیف‌سنجی و جذب اتمی از روشهای دیگر آسانتر و نتایج مطمئن‌تر می‌باشد.

نخست بایستی نمونه برداری بدرستی انجام گیرد. بطوری که نمونه معرف تمامی حجم ماده بشمار آید سپس نمونه به اندازه کافی آسیا شده و مقدار آن نیز جهت آزمایش آنالیز شیمیایی کافی باشد و آزمایشات نیز چند بار انجام شود و خطا و نتایج از لحاظ محاسبات آماری داده شود.

تجزیه نمونه

پروسس تجزیه کردن نمونه بیشتر توسط محلول‌های آبی-اسید و تکنیک‌های خوب و یا خاکسترسازی انجام می‌شوند چندین روش برای تجزیه انواع سنگها (آلومینو سیلیکاتها) پیشنهاد شده است مثلاً روش تجزیه در دو قسمت انجام می‌گیرد در قسمت اول ذوب قلیائی آلومینو سیلیکاتها در ظرف پلاتینی با NaOH انجام می‌گیرد و توسط اسپکتروفوتومتری Al_2O_3 و SiO_2 در جسم اندازه‌گیری می‌شود در قسمت دوم آلومینو سیلیکات را در HF به همراه H_2O_4 و یا H_2SO_4 جل نموده و از طریق فیلم فتومتری K و Na موجود در جسم مشخص می‌شود و از روش تیترومتری Mg و P قابل اندازه‌گیری هست و از روش اسپکتروفوتومتری بقیه عناصر مثل Fe و Ti و Mn و p قابل اندازه‌گیری می‌باشد

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۱۶)

خواص فیزیکی زئولیت‌های کریستالی

زئولیت‌ها که از کریستالیزاسیون انواع هیدروژن‌های و با تبدیل آلومینیوم سیلیکات‌های دیگر نظیر کائولن بدست می‌آمد پودرهای زئولیتی کریستالی حاصله در حدود چند میکرون می‌باشد که می‌توان با میکروسکوپ الکترونی آنها را بررسی کرد.

این کریستالها بصورت مکعبی هستند (در حدود $500\text{Å} - 250\text{Å}$) بویژه در تهیه زئولیت، شناسائی فیزیک ظاهری کریستال با اهمیت و جالب است.

اندازه ذرات زئولیت‌های مصنوعی

کریستال‌های زئولیت، تحت حالات سنتز یا ژل‌های آبدار فعال شده در درجه حرارت پائین تشکیل می‌شود. اندازه ذرات کریستال بدست آمده، بین ۱ الی ۱۰ میکرون و میانگین وزنی ذرات پودر ۱,۳۹ میکرون است.

سختی

سختی کریستالهای زئولیت معدنی در دامنه ۴ الی ۵ در مقیاس Mohs می‌باشند. منحنی سختی برای نوع معدنی در مقیاس Knoop ۱۶۳ است. در مقیاس Mohs آپاتیت دارای مقدار ۵ و کمترین سختی برای فلدسپار است. برای زئولیت‌های مصنوعی که بصورت پودر هستند این اندازه گیری‌ها انجام می‌شود.

خواص نوری (رنگ)

زئولیت‌های خالص بی‌رنگ هستند ولی در بعضی از نمونه‌های معدنی مقادیر کمی ناخالصی به آنها منتقل شده است برای مثال آهن در شاپازیت ناحیه باعث صورتی رنگ شدن آن شده است.

اگر کاتیون الکیل و الکیلن در سینتیک زئولیت و یا در تبادل یونهای فلزی حضور داشته باشد زئولیت ممکن است رنگی شود. این رنگ در حالت آبیگری و یا از دست آب تغییر می‌کند.

وقتی نقره در زئولیت تعویض انجام دهد ابتدا سفید بوده و در آبیگری به رنگ قرمز- زرد تغییر می‌کند و رنگ نهائی زردروشن قناری است. که در فشار جزئی بخار آب از $10^{-3} * 3$ به $10^{-2} * 5$ نیز تغییر رنگ می‌دهد.

وقتی یون نیکل در زئولیت تبادل می‌شود رنگ زئولیت را می‌تواند در هنگام آبیگری از بنفش به سبز روشن تغییر دهد. کاتیون کبالت رنگ زئولیت را می‌تواند در هنگام آبیگری از صورتی به آبی تغییر دهد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۱۷)

انبساط حرارتی

انبساط حرارتی زئولیت سدیم A پر آب شده () تعیین ابعاد اندازه، هر سل بوسیله طرح اشعه ی X در درجه حرارت بین ۱۸۳-۲۵ سانتی گراد اندازه گیری می شود ضریب انبساط حرارتی براساس تغییر ابعاد اندازه واحد سل با تغییر درجه حرارت داده می شود. این مقدار برای زئولیت A $10^{-6} * 6,4$ که در مقابل کواتز با مقدار $10^{-6} * 5,4$ قرار دارد.

دانسیته

دانسیته زئولیت‌ها پایین است و دامنه آن حدود ۱,۹ الی ۲,۳ گرم بر سانتیمتر مکعب است تعویض کاتیونی با یونهای سنگین تر باعث افزایش دانسیته می شود. بعضی زئولیت‌های باریم دانسیته ۲/۸ دارند. دانسیته بستگی به ساختمان زئولیت (فضای خالی) و کانیون موجود در واحد ساختمان دارد.

زئولیت‌های شب نما

چندین زئولیت شب نما در رنگهای مختلف یافت شده اند که برای رنگهای آبی، آبی-سبز زرد-سبز، سفید-زرد و آبی-سفید با اشعه در حدود ۳۵-۵۰ انگستروم (قابل دید) است عناصری که در این نوع زئولیت‌ها وجود دارد بیشتر سرب، نقره و مس ایت که با زئولیت تبادل انجام داده و در اشعه ماوراء بنفش تهیج می شوند. و در موقع آبگیری مجدداً بر می‌گردد

شناسائی ساختمان زئولیت با طیف

در سال‌های اخیر تعدادی از آلومینیوسیلیکات‌های معدنی نظیر سیلیکات‌ها و رس‌ها بوسیله IR آزمایش شده‌اند. معمولاً طیفی که برای شبکه سیلیکات‌ها بکار می‌روند دارای عدد موجی در حدود بین ۱۵ میکرون یا 670 cm^{-1} می‌باشد این مقدار برای باند اصلی در حدود 1000 cm^{-1} است. بررسی سیستماتیک روی ساختمان‌های شبکه‌ای بسیاری از زئولیت‌های سنتزی بوسیله Plonigen و همکارانش در ناحیه cm^{-1} ۱۳۰۰-۲۰۰ انجام گرفت. طیف‌ها براساس ارتباط نوار مادون قرمز با گروههای ساختمانی در شبکه زئولیت‌های مختلف انجام می‌گیرد. این گروه‌های ساختمانی بوسیله اشعه X قابل تشخیص می‌باشند. برای نوسانات اصلی شبکه Al_2SiO_4 چهار وجهی بیشتر طیف وسطی IR مورد توجه می‌باشد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۱۸)

ابتدا قبل از گرفتن طیف IR و یونی از پودر نمونه با KBr می‌سازند. KBr اثری روی طیف IR ندارد. مطالعه این طیف‌ها نشان می‌دهد که هر زئولیت طرحی از طیف را ظاهر می‌کند بطوریکه در یکی از دو دسته زیر قرار گیرد.

۱- آنهایی که طیف آنها مرتبط با نوسانات داخلی چهار وجهی ها TO_4 (ساختمان اولیه) است

۲- نوساناتی که در ارتباط با اتصالات بین چهاروجهی‌ها است (ساختمان ثانویه)

اولین نوسانات قوی طیف IR زئولیت‌ها ناشی از نوسانات چهاروجهی‌های داخلی می‌باشد. این نوسانات در ناحیه $950-1250\text{ cm}^{-1}$ و $420-500\text{ cm}^{-1}$ قرار دارد. قوی‌ترین نوسان در 950 cm^{-1} می‌باشد. باند قوی بعدی در $430-500\text{ cm}^{-1}$ نیز مربوط به پیوند $T-O$ می‌باشد.

ناحیه مربوط به اتم‌های چهاروجهی‌ها در حدود $650-820$ می‌باشد.

فرکانس‌های گروه دوم که حساس به زنجیر بین چهار وجهی‌ها و توپولوژی واحدهای نا توجه در ساختمان زئولیت هستند در ناحیه $500-600\text{ cm}^{-1}$ و $300-420\text{ cm}^{-1}$ قرار دارند. پیوندی که مربوط به ناحیه $650-500$ می‌باشد مربوط به حلقه‌های دوتائی در ساختمان‌های شبکه‌ای می‌باشد. این حلقه‌ها در شبکه ساختمانی زئولیت‌های A و گروه‌های شابازیت وجود دارد.

۱-۱- نام و کد آیسیک محصول

متداول‌ترین طبقه‌بندی و دسته‌بندی در فعالیت‌های اقتصادی همان تقسیم‌بندی آیسیک است. تقسیم‌بندی آیسیک طبق تعریف عبارت است از: طبقه‌بندی و دسته‌بندی استاندارد بین‌المللی فعالیت‌های اقتصادی. این دسته‌بندی با توجه به نوع صنعت و محصول تولید شده به هریک کدهایی دو، چهار و هشت رقمی اختصاص داده می‌شود. کدهای آیسیک مرتبط با صنعت تولید زئولیت در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): کدهای آیسیک مرتبط با صنعت زئولیت

ردیف	کد آیسیک	نام کالا
۱	۲۴۱۱۳۷۹۵	زئولیت سنتزی

۱-۲- شماره تعرفه گمرکی

در داد و ستدهای بین‌المللی جهت کدبندی کالا در امر صادرات و واردات و مبادلات تجاری و همچنین تعیین حقوق گمرکی و غیره از دو نوع طبقه‌بندی استفاده می‌شود که عبارت است از طبقه‌بندی و نامگذاری

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۱۹)

براساس بروکسل و طبقه‌بندی مرکز استاندارد و تجارت بین‌المللی بر همین اساس در مبادلات بازرگانی خارجی ایران طبقه‌بندی بروکسل جهت طبقه‌بندی کالاها استفاده می‌شود که در خصوص زئولیت در جدول (۲) ارائه شده است.

برای زئولیت کد تعرفه ی انحصاری ای تعریف نشده و طبق اطلاعات حاصله این ماده تحت عنوان کلی

سیلیکات سدیم جامد با کد تعرفه ی ۲۸۳۹۱۹۱۰ وارد می گردد

جدول (۲): تعرفه‌های گمرکی مربوط به صنعت تولید زئولیت مصنوعی

ردیف	شماره تعرفه گمرکی	نوع کالا	حقوق ورودی	SUQ
۱	۲۸۳۹۱۹۱۰	سیلیکات سدیم جامد	۱۵	Kg

۳-۱- شرایط واردات

هیچ شرایط خاصی برای واردات این محصول در کتب مربوطه آورده نشده است. حقوق گمرکی آن، ۱۵ درصد می باشد.

۳-۱- بررسی و ارائه استاندارد (ملی یا بین‌المللی)

جدول (۳): استانداردهای مرتبط با تولید زئولیت مصنوعی

ردیف	شماره استاندارد	عنوان استاندارد
۱	۷۱۰۷	روش اندازه‌گیری ظرفیت تبادل یونی
۲	۵۴۷۷	پودر های شوینده اندازه گیری زئولیت-ویژگیها و روشهای آزمون
۳	۶۴۵۳	پودر های شوینده-اندازه گیری کاتولن و زئولیت-روش جذب اتمی

۳-۱-۵- بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت تولید داخلی و جهانی محصول

در زمینه ی قیمت داخلی محصول اطلاعات دقیقی در دست نیست اما قیمت در بازار های جهانی حدود ۴۷۰ دلار در هر تن می باشد

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۲۰)

۶-۱- توضیح موارد مصرف و کاربرد

کاربرد زئولیت‌ها

در ابتدا این نوع کانی‌ها بعنوان کانایست در منابع نفت و پتروشیمی نظیر اربونیت، موردبیت، برای بازیابی و جذب آمونیاک از فاضلابها نظیر کلینو بتیولیت و با خالص کردن گازهای طبیعی نظیر شاپازیت و در بدام انداختن زباله‌های رادیو اکتیو نظیر کلینوبتیولیت بکار برده شدند. بعدها با سنتز زئولیت بر کاربرد آنها افزوده شد و آنها علاوه بر استفاده در تخلص بعنوان کاتالیست و جاذب و همچنین در صنایع کشاورزی آبیاری و حتی در مواد افزودنی به خوارک دام نیز مورد استفاده قرار گرفتند. اما مهمترین استفاده آنها در منابع شیمیائی در پروسس های جذب بوده است.

کاربرد زئولیت:

زئولیت A در صنایع مختلف بعنوان جاذب کاتالیست و تبادل یونی و غیره در دهه گذشته بکار رفته است که بعضی از آنها را در زیر آورده شده است:

-جذب برای پارافین‌ها در دی‌هیدروسیکلاسیون نفت برای ساخت هیدورکربور با اکتان بالا

-برای جذب گازهای قطعی

-بعنوان منبعی از یونهای فلزات قلیایی

-در منابع کاغذ سازی

-در کربوکس پلیمرها بعنوان برکننده

-برای ساخت فیلترها

-در جذب اکسیژن

-در تولید مواد شیمیایی (عکاسی)

-رفع فلزات قلیائی و حاکی

-بعنوان ضد بلوکه شدن در پلی کربنات‌ها

-در تعیین استرانسیوم ۹۰ و سزیم ۱۳۷

-برای رفع ترکیبات فسفوری از دی کلروسلان

-برای جداسازی

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۲۱)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی	

- بعنوان جاذب آب تلرای پمپ‌های حرارتی
- در ساخت یخچال‌های خورشیدی
- جاذب پودر یخچال‌ها
- برای رفع سولفید هیدروژن از گاز طبیعی
- در جداسازی اولفین از زنجیره‌های شاخه‌ای سیکلو هیدروکربن‌ها
- برای جداسازی فروکتوز از گلوکز
- جذب گازهای اسیدی در گاز طبیعی
- جذب هیدروژن و منوکسید کربن از متانول
- جاذب زغال سنگ
- کاتالیست واحد گراکینگ
- در رفع اتیلن در استیلن
- در پروسس porex برای بازیافت آلکان‌ها از سوخت دیزل از پراکسید بنزین
- برای رفع منومر وینیل از هوا
- در تهیه گازها خنثی از هوا
- برای رفع دی اکسید کربن در تهیه گازهای خنثی از گازهای احتراق
- برای خشک کردن گازها
- در رفع هیدروکربن‌ها در خالص سازی گاز نیتروژن
- در ساخت بعضی صابون‌ها
- برای رفع کبالت از آب دریا
- برای دانه‌بندی پلیمرها
- حمل کننده نمک‌های فلزی
- درخت‌ها
- در گاز کرومانوگرافی
- جذب ایزوتوپ‌های هیدروژن
- جاذب

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۲۲)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی	

-مبدل کاتیونی کلسیم.

-فعال کننده جذب سطحی گازهای آلوده

-برای ذخیره هیدروژن و منوکسید کربن

-در دترجنت، نمک‌های استر حرب و سوزفکتانت غیر بومی

۷-۱- بررسی کالاهای جایگزینی و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول

با توجه به آنکه بیش از ۸۵ درصد مصرف زئولیت در تولید پودرهای شوینده می‌باشد و سایر مصارف آن نیز از تنوع چشمگیری برخوردار است، زئولیت به عنوان یک ماده‌ی اولیه مصرفی در فرآیندهای تولید پودرهای شوینده جایگزینی ندارد. تا زمان تهیه گزارش هیچ طرحی در کشور به منظور تولید زئولیت بهره برداری نشده است.

۸-۱- اهمیت استراتژیکی کالا در دنیای امروز

اهمیت زئولیت A

زئولیت که از نوع زئولیت‌های سنتزی می‌باشد با توجه به اینکه در ساختمان آن کاتیم پتاسیم یا سدیم و یا کلسیم باشد به ترتیب ۳A, ۴A, ۵A نامیده می‌شود زئولیت‌ها از نظر ساختمانی مشابه بوده و از طریق تبادل یونی در محلول‌هایی که این کاتیونها وجود دارد می‌توانند به یکدیگر تبدیل شود از این زئولیت در زمینه‌های مختلف در صنعت بکار رفته که بیشترین اهمیت این نوع زئولیت کاربرد در ساخت دترجیت‌ها (شوینده‌ها) می‌باشد زئولیت A به حای STTP (تری پلی فسفات سدیم) در ساختمان دترجیت بکار می‌رود. STTP در آنها به مانند کود عمل کرده و باعث رشد جلبک‌ها و در نتیجه کمبود اکسیژن می‌شود کمبود اکسیژن در آب دریاچه‌ها و رودخانه‌ها سبب مرگ و میر و با مهاجرت ماهی‌ها می‌شود و این از مسائل مهم در کشورهای ژاپن، استرالیا، چین، کشورهای هندوچین (اندونزی، فلبین، ویتنام، و...) هندوستان و کشورهای غربی خلیج فارس و کشورهای مدیترانه (ترکیه، لبنان، ایتالیا، فرانسه، الجزایر و...) و کشورهای انگلیس و آلمان و کانادا و آمریکا و آفریقای جنوبی و کشورهای آمریکای جنوبی می‌باشد زیرا اکثر این کشورها بیشترین درصد پروتین مورد نیاز خود را از مصرف آبزیان و ماهی‌ها بدست می‌آورند.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۲۳)

در سواحل جنوبی و شمالی ایران نیز ماهی غذای اصلی مردم استانهای مازندران-خوزستان-هرمزگان و ... را تشکیل می‌دهد پس جایگزینی پودر دتریجنت‌های رنولیتی در این نواحی بطور حتم ضرورت پیدا می‌کند.

۹-۱- کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول (حتی‌الامکان سهم تولید یا مصرف

ذکر شود)

ظرفیت اسمی تولید بیشتر از ۳۲۵۲۰۰۰ تن می باشد

جدول (۴): کشورهای عمده تولیدکننده زئولیت مصنوعی

ردیف	نام کشور	نوع تولیدات	مقدار تولید	سهم جهانی تولید (درصد)
۱	آلمان	زئولیت	۳۲۵۲۰۰	۱۰
۲	آمریکا	زئولیت	۹۷۵۶۰۰	۳۰
۳	چین	زئولیت	۸۱۳۰۰۰	۲۵

مصرف زئولیت‌های سنتزی بیش از ۲۹۵۹۰۰۰ تن گزارش شده است

جدول (۵): کشورهای عمده مصرف کننده زئولیت مصنوعی

ردیف	نام کشور	عنوان محصول
۱	آلمان	زئولیت
۲	آمریکا	زئولیت
۳	چین	زئولیت

۹-۲- شرکت‌های داخلی عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول

با توجه به مصرف عمده‌ی زئولیت در ساخت شوینده‌ها شرکت‌های تولید پودرهای شوینده مصرف کننده

عمده‌ی این ماده بوده اما به علت عدم همکاری آمار دقیقی از میزان مصرف‌شان در دست نیست.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۲۴)

جدول (۶): برخی تولیدکنندگان عمده زئولیت مصنوعی در ایران #

ردیف	نام کارخانه	نوع تولیدات	محل کارخانه
۱	---	---	---

در بررسی آمار و اطلاعات منتشره از طرف وزارت صنایع و معادن مشخص گردید هیچ واحد تولیدی

در خصوص تولید زئولیت طبیعی در کشور فعالیت نمی‌کند.

جدول (۷): برخی مصرف‌کنندگان عمده زئولیت در ایران

ردیف	نام کارخانه	نوع تولیدات	محل کارخانه
۱	بوژنه	مواد شوینده	اهواز
۲	تولی پرس	مواد شوینده	تهران
۳	داروگر	مواد شوینده	تهران

۱-۱۰- شرایط صادرات

در منابع موجود، شرایط خاصی برای صادرات این محصول ذکر نشده است.

۲- وضعیت عرضه و تقاضا

آمار و اطلاعات به‌دست آمده از مرکز آمار وزارت صنایع و معادن در خصوص ظرفیت واحدهای موجود و فعال تولید کننده در تاریخ تهیه این گزارش هیچ واحد تولیدی در داخل کشور به ثبت نرسیده است.

۲-۱- بررسی ظرفیت بهره‌برداری و روند تولید از آغاز برنامه سوم تا کنون و محل واحدها و تعداد آنها و سطح تکنولوژی واحدهای موجود، ظرفیت اسمی، ظرفیت عملی، علل عدم بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌ها، نام کشورها و شرکت‌های سازنده ماشین‌آلات مورد استفاده در تولید محصول آمار و اطلاعات به‌دست آمده از مرکز آمار وزارت صنایع و معادن در خصوص ظرفیت واحدهای موجود و فعال تولید کننده زئولیت مصنوعی به جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۸): تعداد کارخانه‌های فعال واقع در استان‌ها به تفکیک و ظرفیت کل تولید زئولیت در ایران[#]

ردیف	نام استان	تعداد کارخانه	واحد سنجش	ظرفیت
۱	---	---	---	---

[#] در بررسی آمار و اطلاعات منتشره از طرف وزارت صنایع و معادن مشخص گردید هیچ واحد تولیدی در خصوص تولید زئولیت طبیعی در کشور فعالیت نمی‌کند.

جدول (۹): آمار تولید زئولیت مصنوعی در سال‌های اخیر[#]

نام کالا	واحد سنجش	میزان تولید داخلی				
		سال ۱۳۸۱	سال ۱۳۸۲	سال ۱۳۸۳	سال ۱۳۸۴	سال ۱۳۸۵
زئولیت مصنوعی	---	---	---	---	---	---

[#] در بررسی آمار و اطلاعات منتشره از طرف وزارت صنایع و معادن مشخص گردید هیچ واحد تولیدی در خصوص تولید زئولیت طبیعی در کشور فعالیت نمی‌کند.

۲-۲- بررسی وضعیت طرح‌های جدید و طرح‌های توسعه در دست اجرا (از نظر تعداد، ظرفیت، محل اجراء، میزان پیشرفت فیزیکی و سطح تکنولوژی آنها و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده اعم از ارزی و ریالی و مابقی مورد نیاز)

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۲۶)

جدول (۱۰): تعداد و ظرفیت طرح‌های با ۲۰ درصد پیشرفت فیزیکی در صنعت تولید زئولیت مصنوعی

نام کالا	تعداد طرح‌های با درصد پیشرفت فیزیکی ۲۰ درصد	ظرفیت تولید	واحد کالا
زئولیت سنتزی	۳	۶۶۰۰	تن

جدول (۱۱): تعداد و ظرفیت طرح‌های بالای بین ۲۰ تا ۶۰ درصد پیشرفت فیزیکی در صنعت تولید زئولیت

مصنوعی

نام کالا	تعداد طرح‌های بین ۲۰ تا ۶۰ درصد پیشرفت فیزیکی	ظرفیت تولید	واحد کالا
زئولیت مصنوعی	---	---	---

در بررسی آمار و اطلاعات منتشره از طرف وزارت صنایع و معادن مشخص گردید هیچ واحد تولیدی در خصوص تولید زئولیت با پیشرفت فیزیکی فوق در کشور فعالیت نمی‌کند.

جدول (۱۲): تعداد و ظرفیت طرح‌های بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد پیشرفت فیزیکی در صنعت تولید زئولیت مصنوعی

نام کالا	تعداد طرح‌های با درصد پیشرفت فیزیکی بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد	ظرفیت تولید	واحد کالا
زئولیت مصنوعی	---	---	---

در بررسی آمار و اطلاعات منتشره از طرف وزارت صنایع و معادن مشخص گردید هیچ واحد تولیدی در خصوص تولید زئولیت با پیشرفت فیزیکی فوق در کشور فعالیت نمی‌کند.

۳-۲- بررسی روند واردات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۵ (چقدر از کجا)

جدول (۱-۱۳): آمار واردات سیلیکات سدیم جامد در سال‌های اخیر

عنوان	سال ۱۳۸۱		سال ۱۳۸۲		سال ۱۳۸۳		سال ۱۳۸۴		سال ۱۳۸۵	
	وزن	ارزش	وزن	ارزش	وزن	ارزش	وزن	ارزش	وزن	ارزش
سیلیکات سدیم جامد	۱۳۹	۸۷,۱	۴۲۱	۴۰۷,۸	۴۲۳,۳	۳۰۶,۲	۲۹۳۳,۴	۱۱۲۸,۷	۳۱۹,۷	۲۱۸,۶

وزن: تن ارزش: هزار دلار

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۲۷)

جدول (۲-۱۳): مهم‌ترین کشورهای تأمین‌کننده محصولات زئولیت شرکت‌های داخلی

سال ۱۳۸۳			سال ۱۳۸۲			سال ۱۳۸۱			عنوان محصول	نام کشور
درصد از کل	ارزش	وزن	درصد از کل	ارزش	وزن	درصد از کل	ارزش	وزن		
۴۱,۸	۱۲۸	۱۳۱,۲	---	---	---	۵,۴	۴,۷	۹	سیلیکات سدیم جامد	امارات
---	---	---	---	---	---	۵۷	۴۹,۷	۹۶	سیلیکات سدیم جامد	یمن
---	---	---	۱۶,۳	۶۶,۶	۵۹	۳۴,۶	۳۰,۱	۳۴,۵	سیلیکات سدیم جامد	فنلاند
---	---	---	---	---	---	---	۲,۶	۵,۵	سیلیکات سدیم جامد	یونان
---	---	---	۱۷,۲	۶۹,۷	۶۹	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	هلند
---	---	---	۲۷,۲	۱۱۰,۹	۹۵	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	برزیل
۳,۲	۹,۷	۱۰	---	---	---	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	اسپانیا
۲۴	۷۳,۲	۲۲۳	۱۵,۵	۶۳,۳	۱۲۸	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	چین
۳۱	۹۵,۳	۵۹,۱	۲۳,۸	۹۷,۳	۷۰	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	آلمان
---	---	---	---	---	---	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	ترکیه
۱۰۰	۳۰۶,۲	۴۲۳,۳	۱۰۰	۴۰۷,۸	۴۲۱	۱۰۰	۸۷,۱	۱۳۹	سیلیکات سدیم جامد	جمع

ادامه جدول (۲-۱۳)

سال ۱۳۸۵			سال ۱۳۸۴			عنوان محصول	نام کشور
درصد از کل	ارزش	وزن	درصد از کل	ارزش	وزن		
---	---	---	۶,۸	۷۶,۷	۱۴۴	سیلیکات سدیم جامد	امارات
---	---	---	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	یمن
---	---	---	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	فنلاند
---	---	---	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	یونان
---	---	---	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	هلند
---	---	---	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	برزیل
۶۷,۳	۱۴۶,۵	۲۰,۳	۰,۷	۷,۲	۲۲	سیلیکات سدیم جامد	اسپانیا
۲۱,۹	۴۷,۶	۹۶	۹۲,۳	۱۰۴۱,۲	۲۷۶۷	سیلیکات سدیم جامد	چین
۱۰,۸	۲۲,۸	۲۰	۰,۴	۴,۲	۰,۴	سیلیکات سدیم جامد	آلمان
---	۱,۷	۰,۷	---	---	---	سیلیکات سدیم جامد	ترکیه
۱۰۰	۲۱۸,۶	۳۱۹,۷	۱۰۰	۱۱۲۸,۷	۲۹۳۳,۴	سیلیکات سدیم جامد	جمع

وزن: تن ارزش: هزار دلار

۲-۴- بررسی روند مصرف از آغاز برنامه

با توجه به افزایش تعداد خانوارها و همچنین توجه بیشتر به امر نظافت و نیاز بیشتر به تولید شوینده ها مصرف زئولیت افزایش چشم گیری داشته است و انتظار می رود در سال ۱۳۹۰ میزان مصرف به رقمی در حدود ۶۰۰۰ تن برسد.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان سنجی مقدماتی طرح های صنعتی
صفحه (۲۹)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی	

۵-۲- بررسی روند صادرات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۵ و امکان توسعه آن (چقدر به کجا صادر شده است).

جدول (۱۴): آمار صادرات زئولیت در سال‌های اخیر[#]

سال ۱۳۸۵		سال ۱۳۸۴		سال ۱۳۸۳		سال ۱۳۸۲		سال ۱۳۸۱		عنوان
ارزش	وزن	ارزش	وزن	ارزش	وزن	ارزش	وزن	ارزش	وزن	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	زئولیت مصنوعی

وزن: تن ارزش: هزار دلار

در بررسی آمار و اطلاعات منتشره از طرف وزارت صنایع و معادن مشخص گردید هیچ واحد تولیدی در خصوص تولید زئولیت طبیعی در کشور فعالیت نمی‌کند لذا صادرات نخواهیم داشت.

جدول (۱۴-۱): مهم‌ترین کشورهای مقصد صادرات زئولیت[#]

صادرات سال ۱۳۸۵			صادرات در سال ۱۳۸۴			صادرات در سال ۱۳۸۳			عنوان محصول	نام کشور
درصد از کل	ارزش	وزن	درصد از کل	ارزش	وزن	درصد از کل	ارزش	وزن		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

وزن: تن ارزش: دلار

در بررسی آمار و اطلاعات منتشره از طرف وزارت صنایع و معادن مشخص گردید هیچ واحد تولیدی در خصوص تولید زئولیت طبیعی در کشور فعالیت نمی‌کند لذا صادرات نخواهیم داشت.

۶-۲- بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات تا پایان برنامه چهارم

با توجه به رشد مصرف شوینده‌ها و از آنجا که برای تولید شوینده‌ها زئولیت یک ماده ضروری محسوب می‌شود و گسترش کاربرد زئولیت در بسیاری از صنایع می‌تواند پیش‌بینی کرد که نیاز کشور به زئولیت افزایش یابد. البته با در نظر داشتن رویکرد صادراتی و بازار مناسب موجود در منطقه می‌توان آینده روشنی را برای این صنعت پیش‌بینی نمود. در حال حاضر با توجه به نیاز داخلی کشور با این کد زئولیت در حدود ۳۰۰۰ تن می‌باشد و هیچ‌گونه صادرات و تولیدی در این زمینه وجود ندارد در سال ۱۳۹۰ میزان نیاز به این محصول با توجه به تنوع کاربرد آن در حدود ۶۰۰۰ تن خواهد بود.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۳۰)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی	

۳- بررسی اجمالی تکنولوژی و روش‌های تولید و عرضه محصول در کشور و مقایسه

آن با دیگر کشورها

پروژه‌های ساخت:

گذشته از مطالعاتی که بصورت *Patent* هستند چندین پروسس ساخت غربال ملکولی زئولیتی تجارتي

نیز منتشر شده‌اند پروسس‌هایی که برای ساخت بکار برده شده‌اند به سه گروه تقسیم می‌شوند.

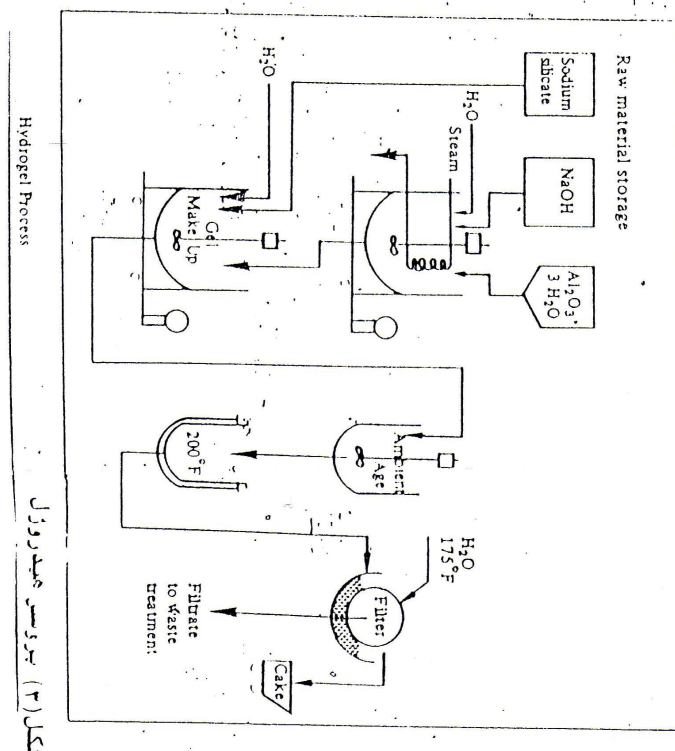
۱- ساخت زئولیت غربال ملکول با درجه خلوص بالا بصورت پودر کریستالی یا بصورت گلوله‌ای از ژل

آلومینا سیلیکات یا هیدرو ژل‌ها.

۲- تبدیل خاک‌های رس معدنی به خصوص کائولن، زئولیت به فرم پودر یا گلوله‌هایی با خلوص بالا.

۳- پروسس دیگر بر اساس بکار بردن مواد خام طبیعی می‌باشد.

پروسس هیدروژل *Hydrogel Process*



مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۳۱)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی

زئولیت‌ها از آلومینیوسیلیکات‌های هیدراته می‌باشند که تحت شرایط محیط هیدروترمال ساخته می‌شوند. سیستم هیدروترمال در وسعت زیاد به کار برده می‌شود و کریستالیزاسیون انواع زئولیت در سیستم‌های آبی به اجزاء شیمیایی محیط بستگی دارد. تحقیقات در سیلیکات‌های زئولیتی تحت شرایط با آزمایشات *Schafhautle* شروع شد در سال ۱۸۴۵ با حرارت دادن کوارتز دیک "ژل" سیلیکا با آب در اتوکلاو نیز زئولیت تهیه شد در سال ۱۸۶۲ توسط *St. chaire Deville* در مورد سنتز *Levynite* از طریق حرارت دادن محلول‌های آبی سیلیکات پتاسیم و آلومینیات سدیم در لوله آزمایش در ۱۷۰ گزارش شده است سنتز *analcine* توسط *Schulten* در سال ۱۸۸۲ گزارش شد علاوه بر آن سنتز چندین زئولیت در سال ۱۹۷۴ موفقیت آمیز گزارش شده است.

در دهه ۸۰ زمین‌شناسان و کانی‌شناسان علاقه‌مند به تولید زئولیت‌های معدنی در آزمایشگاه بوسیله فرآیندهای طبیعی شدند. علاوه بر این کاوشگران نیز علاقه‌مند به بررسی جزئیات تشکیل کانی‌ها هستند که اغلب مربوط به فرآیند ژئولوژیکی است.

تحقیقات اولیه روی روش هیدروترمال منحصراً در 200°C و در فشار زیاد بود و مخلوط‌های واکنش از اجزاء مختلف متناسب با غلظت محصول تشکیل شده است. مخلوط‌ها یک بریود زمانی را در فشار و درجه حرارت ثابت در حضور مقادیر زیاد آب دارا می‌باشد و آب معمولاً به عنوان واکنش‌کننده محسوب نمی‌شود. نتایج تجربی سنتز کانی‌ها از سیستم‌های ترکیبی از سیستم‌های چند ترکیبی بصورت دی‌گرام‌های فازی تعادلی بیان می‌شوند. نوع زئولیت تشکیل شده با فاکتور ترکیب درصد و فاکتور محیطی از قبیل درجه حرارت و فشار می‌باشد و بیشتر زئولیت‌ها در شرایط تعادلی تشکیل نمی‌شوند. بعنوان مثال: در سیستم چهار جزئی از $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ در 1000°C اتمسفر و در درجه حرارت بین 700°C و

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۳۲)

albite , nepheline hydrate Natrolite hydroxycancrinite, moderate mont، ۲۹۰ °C

analcime , morillonite , hydroxysodalite تشکیل می‌شوند در همین سیستم ترکیب شیمیایی

انواع زئولیت‌ها در فازهای پایدار در درجه حرارت پایین‌تر از ۲۰۰ °C در سیستم بسته تشکیل می‌شود.

ماهیت مواد شروع کننده، عامل هسته‌ای شدن و زمان واکنش در تولید انواع زئولیت‌ها در مخلوط واکنش‌ها

در درجه حرارت پایین تعیین کننده است.

سننز در درجه حرارت‌های پایین:

در دهه ۸۰ سننز زئولیت‌ها توسط *R.M.Milton* و همکارش در شرکت *Union carbide* آغاز شد بر

اساس سازندگان واکنش در سیستم‌های بسته و دماهای بکار برده شده برای کریستالیزاسیون سننز انواع

ترکیبات آلی انجام شد. سننز بیشتر زئولیت‌ها در محدوده دمای آزمایشگاهی تا نقطه جوش آب می‌باشد.

داده‌های تجربی این ترکیبات به درجه حرارت و نوع واکنش و دیگر فاکتورهای سننز ارتباط دارد.

بررسی‌های اخیر برای سننز زئولیت‌ها بر اساس ایده‌هایی است که مربوط به تشکیل زئولیت طبیعی در

سنگ‌های آتشفشانی می‌باشد که احتمال تشکیل این زئولیت‌ها در این صخره‌ها بیشتر است. اطلاعات جدید

در مورد تشکیل زئولیت‌های معدنی به شکل رسوبات در دماهای پایین و تشکیل رسوبات معدنی در اعماق

اقیانوس در ساخت آزمایشگاهی زئولیت بکار می‌رود.

کریستالیزاسیون زئولیت‌ها توسط *Goldsmith* مورد مطالعه قرار گرفته است. در آلومینوسیلکات‌ها، یون

آلومینیوم با عدد کوردینانس ۴ یا ۶ در ساختمان سیلکونی قرار دارد که بیشتر در این مواد ۴ ظرفیتی است

و در این سیستم‌ها هسته در فاز پایدار بتدریج شروع به رشد می‌نماید تا به اندازه بحرانی برسند..

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۳۳)

کوچکترین واحد ساختمانی زئولیت‌ها دارای ۴ یا ۶ حلقه هستند بیشتر واحدهای کمپلکس دو حلقه ۴ تائی یا دو حلقه ۶ و یا ۵ تائی با چهاروجهی بدون راس دارند.

پایداری زئولیت *Zeolite Metastability*

از نظر زمین‌شناسان، مواد معدنی‌ای که در زمان طولانی به زئولیت تبدیل می‌شوند با سنتز در آزمایشگاه، اختلافاتی وجود دارد که بستگی به ساختمان و ناخالصی‌های محل تشکیل آن دارد و همچنین تجربیات نشان می‌دهد که واکنش تبدیل مواد به زئولیت، در حقیقت به تعادل نمی‌رسد و بسیاری از زئولیت‌های مصنوعی ساخته شده ارتباط ساختمانی با نوع معدنی ندارند. وابستگی سینتیک بیشتر زئولیت‌های معدنی و آلومینیوسیلیکات‌ها مشخص نیست اگر چه تا کنون ۱۰۰ سینتیک زئولیتی گزارش شده است.

در محیط آبی پیوندهای هیدروکسیل نقش مهمی را بازی می‌کنند و هیدروکسیل می‌تواند با آلومینیم طوری واکنش داشته باشد که رس معدنی در دمای کم کریستالیزه شود.

کریستالیزاسیون سیلیکات‌ها از ژلهای راکتیو (مجدداً فعال شده) یا شیشه‌ها می‌تواند در ارتباط با انرژی آزاد باشد در شروع واکنش مخلوط بصورت فاز a می‌باشد که در طول زمان به b یا c تبدیل می‌شود. ناحیه‌ای از درجه حرارت a به b تبدیل میشوند از نظر سرعت رشد دارای اهمیت خاصی می‌باشد.

دیگرام‌های واکنش *Reaction Diagram*

دیگرام‌های تعادلی به شناسایی سنتز مواد معدنی و نحوه تشکیل آنها کمک می‌کنند ولی اغلب کانیه‌ها مثل زئولیت‌ها در فازهای غیر تعادلی وجود دارند و سیمیت‌ها علاقمند به تبدیل آلومینیوسیلیکات‌ها به زئولیت می‌باشند که در این مورد نتایج مهمی بدست آورده‌اند.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۳۴)

دیگرام‌های خیلی مفیدی در ارتباط با ترکیب درصد زئولیت و واکنش‌ها در مخلوط‌ها بدست آمده است

بعضی از حالات عمومی برای سنتز عبارتند از:

۱- مواد فعال شده و شروع کننده بطوری که ژل رسوب می‌کند.

۲- PH زیاد که بستگی به مقدار هیدروکسید فلزات قلیائی یا بازهای دیگر دارد.

۳- درجه حرارت هیدروترمال با جریان فشار بخار اشباع با فشار اتمسفری

۴- درجه زیاد فوق اشباع، باعث تبدیل ترکیبات ژلی در اثر هسته‌ای شدن به تعداد زیادی از کریستال‌ها می‌شود.

یک ژل از ماده کلئیدی، آلومینیوسیلیکات‌های مجدداً فعال شده (*reactive*) بطور مثال از متاکائولن و شیشه‌ها تشکیل می‌شود. ژل‌های آمورف سیلیکاتی بصورت مواد کلئیدی است که ترکیبات ساختمانی چسبنده دارند

در یک سیستم بسته هیدروترمال از درجه حرارت محیط تا $175^{\circ}C$ ژل کریستاله می‌شود در بعضی حالات این مورد در درجه حرارت زیاد در حدود $300^{\circ}C$ با فشار خود را که تقریباً برابر فشار بخار اشباع آب (*SVP*) است طراحی می‌شود زمان لازم برای کریستالیزاسیون از چند ساعت تا چند روز ممکن است بطول بیانجامد.

ژل‌های سیلیکات آلومینیوم شفاف بطور مستقیم به ژل رسوبی خنثی و بعداً به مخلوط غیر هموزن یک جامد آمورف تبدیل می‌شود. فلزات قلیائی بصورت هیدروکسیدهای حل شونده آلومینات‌ها، سیلیکات‌ها تبدیل می‌شوند.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۳۵)

تشکیل کریستال‌های زئولیتی در ژل به فعال شدن مجدد ژل، غلظت هیدروکسید قلیائی و سطح زیاد که ناشی از اندازه ذرات در فاز غلیظ شده جامد می‌باشد، بستگی دارد. ژل تولید شده از کopolymerیزاسیون سیلیکات و آلومینات بدست می‌آید.

اولین پروسس تجارتي برای تهیه زئولیت‌ها در اشل بزرگ بر اساس نتایج آزمایشگاهی با استفاده از هیدروژل *amorphous* بوده است. مواد اولیه دیگر سیلیکات سدیم و آلومینات سدیم و هیدروکسید سدیم در محلول آبی می‌باشد.

۱- پروسس‌هایی که از ژل‌های هموزن هیدروژلی تهیه شده از محلول‌های مواد واکنش دهنده قابل استفاده شده است.

۲- پروسس‌های که اساساً با استفاده از ژل‌های ناهمگون که از آلومینا و یا سیلیکات به فرم جامد، برای مثال پودر جامد سیلیکات *amorphous* تهیه شده است.

۳- پروسس‌های ژل پیش ساخته (*Gel- Preform processes*) از ژل آمونیوسیلیکات (بصورت گلوله‌ای) با محلول آلومینات سدیم و محلول سود سوز آور واکنش داده و زئولیت کریستال شده را به شکل گلوله‌ای می‌سازند.

کریستال‌های زئولیت در ترکیب شبکه (*Matry*) آمورف هستند و این شبکه آمورفی پایدار بوده و برای کاتالیست کراکینگ استفاده می‌کنند.

فلوشیت پروسس (شکل ۳) در هر مرحله و مواد اولیه مورد استفاده آنرا نشان می‌دهد موازنه مواد و ترکیب شیمیایی بصورت نسبت‌های مولی اکسیدها در واکنش هیدروژل برای تولید زئولیت شرکت می‌کنند. مواد اولیه در تانک با نسبت‌های مناسب مخلوط می‌شوند و در مرحله کریستالیزاسیون به یک جدا کننده

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۳۶)

کریستال نیاز داریم و بعد از یک مرحله همزدن به درجه حرارت محیط می‌رسد و همزدن برای بعضی از زئولیت‌های خاص در خلوص بالا لازم است اگر چه پروسس‌ها ظاهراً در تجهیزات و در مرحله تهیه ساده‌اند ولی چنانچه قبلاً گفته شده پایداری زئولیت در تشکیل انواع سیستم‌ها مؤثر است و مسائل زیادی بصورت‌های زیر در اشل بزرگتر پیش می‌آید.

الف- هموزن کردن و مخلوط کردن مواد در میزان زیاد.

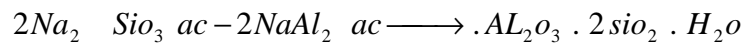
ب- انتقال حرارت که باعث هسته‌ای شدن و رشد نامطلوب فازهای زئولیت می‌شود. معمولاً درجه حرارت کریستالیزاسیون نزدیک نقطه جوش آب می‌باشد در بعضی نمونه‌ها که بطور سنتزی بوجود می‌آید مثل *mordenite* در درجه حرارت بالا تولید می‌شود.

تکنیک‌های پیشرفته در آزمایشگاه برای پروسس‌های کریستالیزاسیون در کارخانه‌ها در ذیل شرح داده شده است.

ترکیب درصد و نوع زئولیت در نمونه‌ها در زمان‌های معین با استفاده از دیفراکسیون اشعه X انجام می‌گیرد و کیفیت با خلوص ساخت زئولیت باید ثابت باشد. همانطوریکه در شکل ۳ نشان داده شده است روش مطلوب برای تهیه زئولیت A را دیده می‌شود. ابتدا هیدروکسید آلومینیم و سود به نسبتی معین در درجه حرارت معمولی مخلوط شده و آلومینات سدیم می‌دهد سپس به نسبت کمتر از مقدار استوکیومتری سیلیکات به سدیم به آن اضافه می‌شود و به کمک همزدن مخلوط هموزن شده و به تدریج بقیه سیلیکات تا مقدار استوکیومتری اضافه می‌شود واکنش نسبتاً سریع بوده و در درجه حرارت بین ۲۰-۱۷۰ انجام می‌شود ژل حاصله را مدتی بی‌حرکت می‌گذارند (*Aging*) تا کریستال‌های زئولیت تشکیل شود و در درجه 70°C زمان ۶ ساعت و در 90°C حدود ۲ ساعت می‌باشد سپس کریستال‌ها با افزودن آب 80°C فیلتر

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۳۷)

شده و کیک به دست آمده را شستشو می‌دهیم سپس توسط اسپری درایر خشک می‌کنیم. واکنش عمل بصورت زیر می‌باشد.



در حال حاضر شرکت‌های هنکل و گلوسا در آلمان غربی و پی کیو کوریس در آمریکا و تولید بیلدر در ژاپن زئولیت مورد نیاز کارخانه‌ای دترجنت‌سازی را با این روش تأمین می‌کنند محصول *byprocut* این روش هیدروکسید سدیم است که مجدداً بازیابی و پس از تغلیظ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همگون بودن ژل در ایجاد هسته و نطفه‌های کریستال‌ها دارای اهمیت است و اضافه کردن پشت سر هم نیز روی ساختمان ژل حاصله تأثیر می‌گذارد و در نتیجه بر سرعت فعل و انفعال تبلور و حتی ماهیت محصول نهایی، نه تنها از نظر اندازه، شکل بلورها، بلکه ماهیت و میزان ناخالصی‌ها هم تأثیر می‌گذارد و یا حتی محصول دیگری تشکیل می‌شود. هم‌اکنون راکتورهائی با ظرفیت ۱۰۰۰۰ گالن (۳۸۸ متر مکعب) بصورت کی اتوکلاو آب بندی شده تحت فشار مورد استفاده قرار می‌گیرند. راندمان عمل در حدود 110 gal (120 kg/m³) است. فرآیند سنتز زئولیت در فشار و درجه حرارت‌های زیر انجام می‌گیرد.

۱- ۹۰-۱۰۰ °C و یک اتمسفر و $PH > 10$

۲- ۸۰-۱۴۰ °C، فشار خودزای بخار آب (فشار ۵ تا ۱۰ اتمسفر) *Outgenous Water Pressure* و

$PH > 10$

۳- ۱۰۰-۱۸۰ °C و فشار خودزای آب + آمین و $PH > 10$

غربال‌های ملکولی با فسفات فلزی تحت شرایط ۲ در دامنه PH بین ۳-۶ ساخته می‌شوند.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۳۸)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی	

در خاتمه واکنش برای محصول دلخواه لازم است بلافاصله واکنش را متوقف سازیم تا از پیشرفت تبلور تشکیل فاز پایدار جلوگیری بعمل آید این عمل در پایین ۵۰ و یا رقیق کردن صورت می‌گیرد علاوه بر پایین بودن درجه حرارت قابلیت فعل و انفعال محلول‌ها را نیز کاهش می‌دهد. و یا از جدا کردن ناگهانی محلول‌ها در توسط عمل فیلتراسیون و یا عمل سانتریفوژ میسر می‌گردد. فیلتراسیون (عموماً مداوم با درام *drum* نوع دوا رویا فیلترپرس) شستشو با آب جهت آب جهت کردن اجسام واکنش دهنده مازاد و خشک کردن جهت زدودن رطوبت از محصول نهائی انجام می‌گیرد. محصول مادر که محتوی سیلیس و قلیای اضافی است (معمولاً آلومینیا کاملاً به محصول تبدیل می‌شود) ابتدا با اسید خنثی شده و برای جدا کردن رسوب سیلیکا قبل از عمل تخلیه، محلول نمک رقیق توسط فیلتر جدا می‌شوند.

بازگشت مستقیم محلول مادر واکنش نداده جهت بازیابی سیلیکای آن و خصوصاً ماده قلیایی محلول، غالباً منتج به نطفه‌بندی نامطلوب ناخالصی‌ها می‌شود. اما ارزش قلیایی زیاد محلول ما در آن را برای منابعی که پسابهای اسیدی دارند مفید می‌سازد.

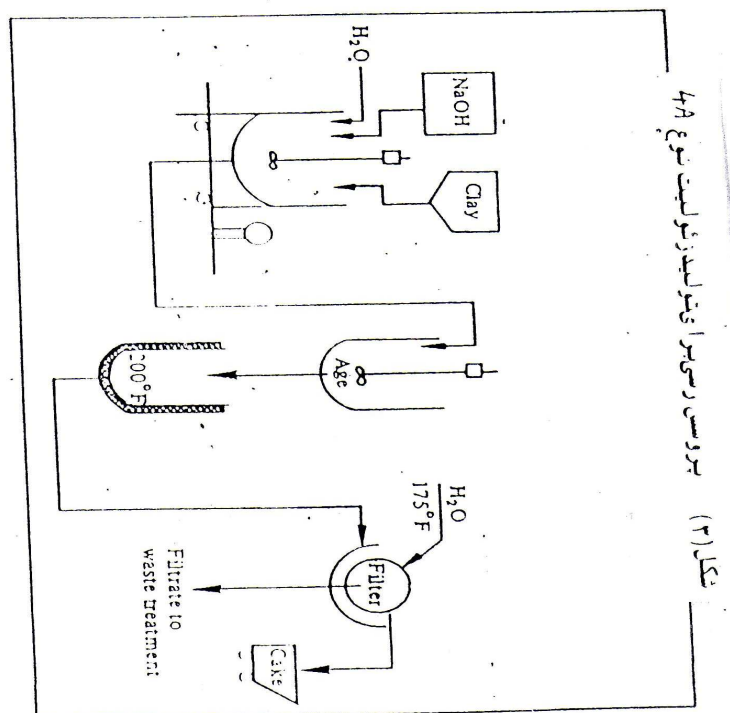
استفاده وسیع و موفقیت آمیز آمین‌ها و ترکیبات الکیل آمونیوم در سنتز زئولیت در امر تولید تجاری زئولیت اثر فزاینده‌ای داشته است. در طی سنتز زئولیت با این کمک‌کننده‌ها (*templates*) محصولات قابل تجزیه‌ای چون الفین‌ها و آمین‌ها می‌توانند در فاز بخار جمع شوند و یا به صورت لایه‌های روغنی شناور در محلول آبی و در مرحله کریستالیزاسیون از زئولیت جدا شوند که سبب افزایش فشار اتوزن (خودزا=*autogenous*) می‌شوند. حضور مواد باقیمانده از خانواده این ترکیبات آلی در پاب خروجی را در پی دارد. زیرا کمک‌دهنده‌ها (*templates*) می‌توانند درون حفره‌های زئولیت محبوس شوند لذا بایستی قبل از استفاده از آنها بعنوان جاذب و کاتالیست از آن جدا گردند، این امر جدا کردن در معرض هوا و یا اکسیژن و

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۳۹)

در دمائی مابین $400-600^{\circ}\text{C}$ جهت تجزیه و متلاشی کردن کمک دهنده‌ها (*template*) و سوزاندن هر نوع کربن بجا مانده صورت می‌گیرد. آمیختگی کاتالیتیکی کمک دهنده‌ها و سوختن آن تولید مخلوطی پیچیده از محصولات تجزیه شده می‌کند که ایجاد تهویه و برطرف کردن ترکیبات آلی کمپلکس در حین مرحله کریستالیزاسیون و کلیسناسیون از موارد مهم علم *toxicological* (علم سموم شناسی) و رعایت امر آلودگی در کنترل پروسس می‌باشد.

پروسس‌های تبدیل رسی *Clay conversion processes*

اولین مقاله در این مورد در سال ۱۹۳۵-۱۹۴۰ توسط *Nagai* ارائه شد که نتیجه آن واکنش هیدروترمال مواد رسی با هیدروکسید قلیایی است. در حدود ۳۷ نوع مختلف زئولیت، از رس‌های کلسینه شده، با محلول هیدروکسید سدیم یا پتاسیم در مدت یک الی ۵ ساعت در فشار اتمسفر یک الی 200 kg.Cm^2 به دست می‌آیند.



مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۴۰)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی

نخست مواد رسی پودر شده و سپس در اتوکلاو بخار، حرارت داده می‌شود در این موقع مواد رس خام را در دامنه ۵۰۰ الی ۱۲۶۰ کلسینه می‌شود *Nagai* سپس رس کلسینه شده را در واکنش با NaOH , NH_2OH , koH شرکت داده و فرمول محصول تولید شده را بصورت $\text{M}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{p}_3 \cdot \text{msio}_2 - n\text{H}_2$ ذکر کرد که $n = 1-45$. $m = 2-2$. $k M$ یا Na است. اینها محصولاتی بصورت ترکیباتی از سیلیکات زئولیتیک، ترکیبات زئولیتیک و محصولات زئولیتیک به فرم هیدرات نفلین، آلومینیوسیلیکات قلیایی، آلومینیوسیلیکات قلیایی هیدراته، کائولن قلیایی، هیدرات نفلین مصنوعی و یا مواد فلدسپاتیک مصنوعی از گروه‌های زئولیت می‌باشند. *Nagai* نتوانست از اطلاعات *X-ray*، واکنش محصولات و فرمولاسیون مواد کریستالی رسی با ترکیبات شیمیایی در مخلوط واکنش مثلاً با محصول با غلظت زیاد *NaoH* که به زئولیت تبدیل می‌شود، نتیجه‌ای بگیرد.

حالت‌های کائولن *Kaolin Transitions*

از انواع رس‌ها که در ساخت غربال ملکولی زئولیتی به مقدار زیاد به کار می‌رود کائولن است. در 550°C با واکنش دی هیدراسیون‌اند و ترمیک به متاکائولن تبدیل می‌شود. متاکائولن سپس در حدود 925°C ، آلومینیوم سیلیکون اسپینل (*spinel*) ناقص را بوجود می‌آورد که در این حالت پایدار می‌ماند. کائولن در درجه حرارت‌های زیر کلسینه می‌شود.

۱- کائولن کلسینه شده در 550°C که تبدیل به متاکائولن می‌شود.

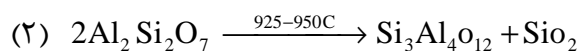
۲- کائولن کلسینه شده در 925°C .

در واکنش فوق، وزن از دست رفته محاسبه شده از تئوری ۱۳/۹۵٪ است. محصول آلومینیوسیلیکات بدست آمده دارای سمت استکیومتری صحیحی از SiO_2 و Al_2O_3 برای تولید زئولیت *A* است. واکنش تبدیل

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۴۱)

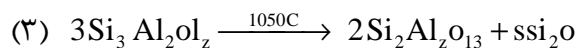
کائولن به متاکائولن نسبت به اشعه X آمورف است اما ساختمان منظمی دارد و در 800°C دانسیته آن - $1/52$ کمتر از کائولن است زیرا فضای لایه‌های داخلی آن از $7/15A$ به $6/3A$ کاهش می‌یابد.

بالا رفتن درجه حرارت از 925°C در کلسیناسیون باعث ناپایداری متاکائولن و تبدیل به آلومینیم سیلکون (*Spinel*) می‌شود.



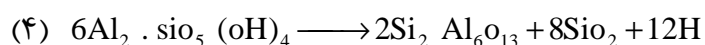
Metakaolin *Spinel*

فاز *Spinel* مکعبی و تا درجه حرارت $925-1072^{\circ}\text{C}$ مقاوم است و مطابق معادله ۲ تولید یک مول Si_2O اضافی می‌کند که در درجه حرارت بالا بین $1050-11000^{\circ}\text{C}$ فاز *Spinel* به *mullite* در طی واکنش زیر انجام می‌گیرد.



Spinel *mullite Cristobalite*

در بعضی آرایش لایه‌های هگزاگونال حفظ شده و فاز $2-\text{Al}_2\text{O}_3$ تبدیل به *mullite* , $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ و *sillimanite*° (در 1050°C) می‌شود. و دیواره واحدهای چهاروجهی AlO_4 از لایه‌های هشت وجهی درست می‌شود. در درجه حرارت بالاتر نیز طبق معادله زیر *mullite* میتواند مستقیماً از کائولن بدست آید.



سنن زئولیت‌ها از کائولن

پروسس استفاده از گروه کائولن معدنی $2\text{H}_2\text{O}$, 2SiO_2 , Al_2O_3 اهمیت بیشتری از بقیه رسها دارد. ابتدا کائولن از طریق اعمال حرارتی (کلسیناسیون) در درجه حرارت حدود $500-600^{\circ}\text{C}$ به ماده آمورف،

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۴۲)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی	

متاکائولن تبدیل شده و سپس با محلول هیدروکسید قلیایی فلزی آبی در حدود 100°C واکنش می‌دهد. زئولیت بدست آمده، بستگی به مقدار ترکیبات مخلوط و نوع آنها دارد برای مثال برای تهیه زئولیت فقط هیدروکسید سدیم اضافه می‌شود.

زئولیت

در ساخت زئولیت A فقط سود بکار می‌رود تا با کائولن کلسینه شده و همراه آب در تانک تولید ژل کند. مرحله بعدی، همزدن محیط واکنش و بعد مرحله کریستالیزاسیون کائولن کلسینه شده برای تولید زئولیت‌های A و X و Y است. پودر کردن کامل رس خلوص زئولیت بدست آمده را زیاده‌تر می‌کند. در عمل کریستالیزاسیون برای تولید زئولیت نوع X و یا نوع Y ، به سیلیکای اضافی (افزایش نسبت SiO_2 به Al_2O_3) نیاز است. سپس نوع زئولیت بدست آمده علاوه بر مقدار سیلیکای موجود در محلول به نمک‌های غیر آلی در محلول نظیر NaCl بستگی دارد. متاکائولن در محلولی که سیلیکای زیادی داشته باشد بصورت سیلیکات سدیم و دو مول NaCl با یک مول آلومینیا تولید زئولیت می‌کند

شکل (۳) پروسس رسی برای تولید زئولیت نوع $4A$

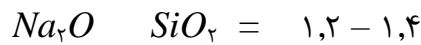
در بعضی از واکنش‌ها که نسبت $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ بزرگتر از ۱ باشد زئولیت X تولید می‌شود. مخلوط حاصل از واکنش ترکیبی از $160 \text{H}_2\text{O}$, SiO_2 , Al_2O_3 , $4\text{Na}_2\text{O}$ می‌باشد.

در اینجا چند روش مختلف تهیه زئولیت $4A$ را بیان می‌کنیم:

ذرات زئولیت $4A$ از کائولین فعالی شده (در 55°C – 585°C) در محلول NaOH با نسبت مول زیر تشکیل

می‌گردد:

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی	صفحه (۴۳)	



مخلوط با نسبت مولی بالا در $40-55^{\circ}C$ مخلوط کرده و در مدت ۳-۴ ساعت به دمای $80-90^{\circ}C$ رسانده

بعداً در محلول با $PH = 0 - 12$ شسته و در $150^{\circ}C$ آنرا خشک می‌کنیم.

برای تهیه ذرات زئولیت ۴A از کائولینیت کلسینه شده (کائولن در $700^{\circ}C$ برای ۲hrs کلسینه می‌شود)

۱۰۰ گرم کائولینیت کلسینه شده (متاکائولن) با ۱۰۴ گرم $NaOH$ و ۹۱۰ گرم آب برای ۱۸ ساعت در

$45^{\circ}C$ قرار می‌دهیم و سپس فیلتر کرده و با آب شستشو می‌دهیم و در $100^{\circ}C$ خشک می‌کنیم

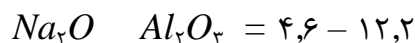
کریستال‌های بدست آمده در حدود ۱ میکرون خواهند بود.

برای تهیه زئولیت ۴A ابتدا کائولن در کوره‌ای در درجه حرارت $700^{\circ}C$ عبور داده می‌شود و بعد داخل

محلول آبی ۱۶٪ وزنی $NaOH$ در $40-80^{\circ}C$ شده، سوسپانسیون حاصله به مدت ۲ ساعت در $90^{\circ}C$ -

۱۰۰ قرار می‌گیرد و سپس فیلتر می‌شود. (*D.Roeot*)

در سوسپانسیون متاکائولن و $NaOH$ با نسبت مولی زیر:



در $85-90^{\circ}C$ به مدت ۱-۵ ساعت حرارت داده می‌شود و سپس بایستی خشک کرد چونکه پایداری

محصول (زئولیت) در مایع ما در چند ساعت است.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۴۴)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی

روش عمل:

۱۵۰ گرم متاکائولن (۴۳/۷) و Al_2O_3 (۵۲/۴۵) SiO_2 و ۱۵۰ گرم در لیتر $NaOH$ در درجه حرارت $85-90^\circ C$ قرار می‌دهد بعد از خشک کردن ۲۳۰ گرم زئولیت ۴A با راندمان ۹۵٪ تولید می‌شود (با استفاده از آنالیز $X-ray$ به دست آمده است).

مرفولوژی تبدیل متاکائولن به زئولیت با میکروسکوپ الکترونی (SEM) بررسی می‌شود. تبدیل کائولن کلسینه شده با محلول $NaOH$ (۱۰٪ وزنی در $100^\circ C$ نیز مطالعه شده، بطوریکه نمونه‌ها هر بار در یک پیروید زمانی مشخص بوسیله SEM فتوگراف شدند. اندازه دانه‌ها ۷ میکرون بوده و بعد از یک ساعت مخلوط کریستالیزه شده و تولید مکعب‌هایی به اندازه ۰/۵ الی ۳/۰ میکرون کرد که وقتی بوسیله دیفراکسیون پودری اشعه X آنالیز شده تولید ۵۵٪ زئولیت نمود که از ۴ ساعت تغییر زیادی در اندازه ذرات پدید نیامد. در تهیه زئولیت A همواره مقداری زئولیت‌های دیگر به دلیل سیلیکای اضافی تولید زئولیت x و y و یا در سود اضافی تولید زئولیت p و بعد زئولیت p به سودالیت هیدراته تبدیل می‌شود پس نسبت مولی مخلوط بایستی متناسب با نوع زئولیت مورد نظر کنترل شود.

در قسمت‌های سینتیک و مکانیزم کریستالیزاسیون و گلوله‌ای کردن زئولیت‌ها نکته‌هایی در مورد سنتز زئولیت‌ها بیان شده است.

کائولن با بازهای دیگر تبدیل متاکائولن به زئولیت‌ها در واکنش‌ها $Ba(OH)_2$ در درجه حرارت پایین گزارش شده است. زئولیت‌ها در سیستم $hydrous$ بصورت کریستال‌های z با یک زئولیت نوع دیگر سنتز می‌شوند و دو فاز دیگر که شبیه زئولیت هستند پدید می‌آیند

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی	صفحه (۴۵)	

سنتر زئولیت از مخلوط $(NaOH+LiOH)$ و $(NaOH+KOH)$ و $(LiOH+KOH)$ نیز مطالعه شده است. که فازهای زئولیتی $Z(K-f)$ و $K-G$ و $W(K-M)$ و P (نوع *Gismoeline*) و N, S, X, A نیز ترجیحاً با Na و TMA تولید می‌کند.

تبدیل کائولن خام به زئولیت‌ها و فلدسپاتوئیدها بوسیله واکنش با هیدروکسیدهای قلیایی فلزی نظیر: $LiOH, LaOH, CsOH, PbOH, NaOH, KOH$ انجام می‌گیرد با LoH زئولیت LiA در درجه حرارت 130 الی 140 درجه سانتی‌گراد بدست می‌آید و با $RbOH$ و $CsOH$ به ترتیب زئولیت‌های $Rb-D$ و $Cs-D$ بدست می‌آیند.

یکسری هیدرات‌های *sodalite* از مقادیر متفاوت محلول تهیه می‌شوند و قابلیت حل بر اساس تابعی از غلظت هیدروکسید سدیم می‌باشد. در محلول‌های خیلی قوی بیشتر از 30 مولار Al_2O_3 و SiO_2 باقی می‌ماند و هیچ آلومینیوسیلیکاتی تشکیل نمی‌شود. کائولینت در حدود $400^\circ C$ در اثر واکنش با محلول 30% هیدروکسید سدیم (اضافی) به کانسرینیت (*Canerinite*) تبدیل می‌شود

همچنین واکنش کائولن با KOH در $70-90^\circ C$ مطالعه شده است و محصولات متفاوتی در غلظت‌های KOH از 1 تا 9 نرمال بدست می‌آید. در ابتدای واکنش، $(240-100)$ دقیقه SiO_2 و Al_2O_3 محلول افزایش می‌یابد تبدیل ژل آلومینیوسیلیکات آمورف به کریستال آلومینیوسیلیکات متقارن با کاهش غلظت SiO_2 و Al_2O_3 در محلول است در اثر واکنش بالا زئولیت‌های مختلف شامل زئولیت H (یا I) و Z (یا $K-F$) و G به دست می‌آیند

تبدیل انواع مختلف کائولن رسی به زئولیت A بستگی به کریستال ابتدایی رس غلظت محلول هیدروکسید سدیم درجه حرارت و زمان دارد.

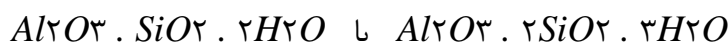
مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۴۶)

کریستالیزاسیون انواع کائولن و تبدیل مستقیم آن به هیدروسودالیت مشاهده است. کریستال هالوسیت به فرم خوبی برای تولید زئولیت A نمی‌باشد.

زئولیت‌ها در 70°C در ۱۶ الی ۲۴ ساعت کریستال‌های هالوسیت بیشتر بصورت زئولیت X کریستاله می‌شود اگر سیلیکات اضافی (سیلیکات سدیم آبی) در محلول باشد بیشتر ناخالصیهای آن تبدیل به زئولیت می‌شود که در نتیجه $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ در حدود ۲ خواهد بود یک مخلوط با نسبت $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ برابر ۵ و ۶ در 90°C در ۱۰ ساعت تولید 95% زئولیت X می‌کند. مشاهدات نشان می‌دهد که 100% زئولیت‌ها در 70°C در ۱۶-۲۴ ساعت به دست می‌آید و اگر تماس با محلول قلیایی ادامه یابد تدریجاً تبدیل به هیدروکسی سولایت می‌شوند

سنن زئولیت‌ها از خاک‌های آتشفشانی

زئولیت‌های سنتزی کریستالی آلومینیوسیلیکات از مواد آمورف فعال شده می‌باشند *Matsuoke* و *sudo* کریستالیزاسیون تشکیل پودر شیشه آتشفشانی با محلول NaOH-NaCl به هیدروکسی سولایت و یک زئولیت را گزارش دادند. زئولیت بدست آمده طبق داده‌های $X\text{-ray}$ پودری از نوع زئولیت X بود. این روش معمولاً بر مبنای واکنش‌های غیر همگن از بعضی منابع طبیعی سیلیکاتی و آلومینیایی می‌باشد. در بعضی مواقع آلومینیوسیلیکات معدنی آمورف مثل *Allophane* در واکنش استفاده می‌شود. این نوع دارای اجزایی جامد از خاکستر آتشفشانی است. آلفان دارای ترکیب شیمیایی



می‌باشد که این ساختمان در تغییرات مسئله است.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۴۷)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی	

مسئله مهم در این متد تخلیص خاک از موادی چون یون‌های فلزات آلومینیوم، منیزیم، آهن، منیزیم و کلسیم و غیره است نخست خاک توسط اسید معدنی قوی (H_2SO_4) مخلوط شده، تا با این عمل باعث تخریب سنگ سیلیس شوند و حاصل آن ژل اسید سیلیسک است که پس از واکنش با آلومینات سدیم تولید ژل سدیم آلومینیوم سیلیکات می‌کند. که در طی واکنش زیر تولید زئولیت می‌کند:



(زئولیت $2A$)

مراحل فیلتراسیون و خشک کردن و دامنه‌بندی مانند مراحل است که قبلاً گفته شده است. زمان *aging* (بی‌حرکت نگه داشتن) لازم برای $4,70^\circ C$ ، ساعت و در $90^\circ C$ حدود نیم ساعت است. مزیت این روش در ریزتر بودن دانه‌های تولید شده است. و دانسیته زئولیت بدست آمده $0,3-0,2$ کیلوگرم بر لیتر است و در این پروسس غلظت زیاد هیدروکسید سدیم ضرورتی ندارد تا نیاز به بازیابی و تغلیظ باشد، شرکت سیزوساوا در ژاپن زئولیت $4A$ را از این روش تهیه می‌کند

گلوله‌ای کردن زئولیت‌های مصنوعی (برای پروسس جذب و کراکینگ):

"The pelletization of synthetic ZOLITE"

کریستال‌های زئولیت جهت پروسس‌ها جذب و کراکینگ بصورت گلوله‌ای استوانه‌ای و یا کروی و یا اشکال دیگر ساخته می‌شوند ولی باید مقاومت فیزیکی و تنشی لازم را در برج‌های *Packing* داشته باشند گلوله‌ای کردن به دو روش زیر انجام می‌گیرد:

۱- شکل‌های پیش ساخته

۲- گلوله‌ای کردن پودر زئولیت

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۴۸)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی	

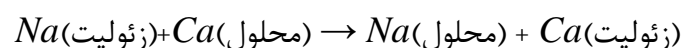
گلوله‌ای کردن در دو روش بالا ممکن است همراه با اضافه کردن پودر فلزات و یا مواد غیر آلی (در کاتالیست‌های مختلف) باشد

۱- شکل‌های پیش‌ساخته "Performed shapes"

متدهای متعددی برای شکل‌دهی کائولن خام بکار گرفته می‌شود مثلاً کائولن ممکن است بوسیله اکسترودر به شکل دانه‌های گلوله‌ای خارج شود و یا ممکن است به فرم خاص با تکنیک‌هایی انجام گیرد که اصطلاحاً ریخته‌گری می‌گویند شکل‌های ساخته شده علاوه بر گلوله‌های کروی به صورت لوله‌ای، سیلندری و غیره نیز ریخته می‌شود و همچنین بصورت الیافی نیز ساخته می‌شود کائولن شکل داده شده برای تبدیل به متاکائولن از کوره‌ای در درجه حرارت 700°C عبور داده شده و بعد در حین همزدن در محلول NaOH داخل می‌شود و بعد در مرحله کریستالیزاسیون قرار می‌گیرد این روش برای تهیه زئولیت به کار می‌رود.

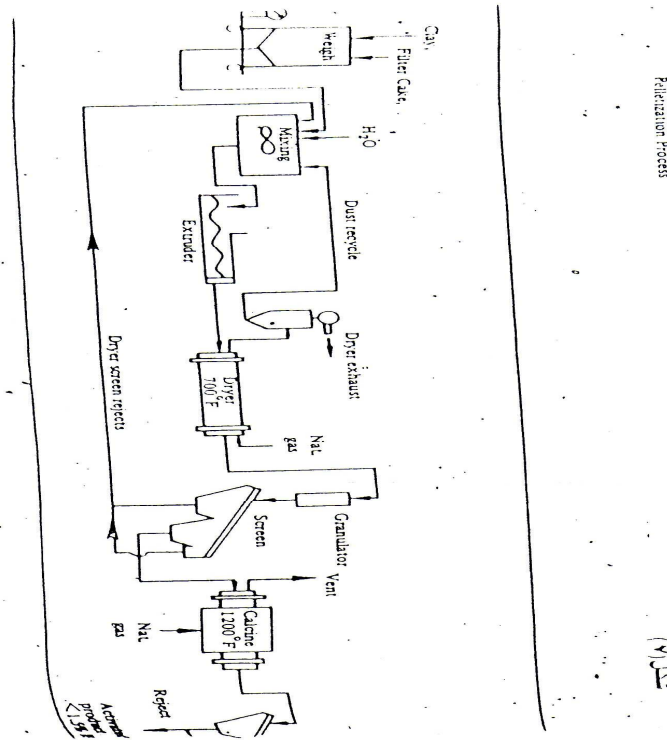
گلوله‌ای کردن ممکن است همراه با محلول‌های هیدرات‌قلیایی نیز ممکن است انجام گیرد. این روش در ساخت زئولیت Y از گلوله‌های پیش‌ساخته، انجام گرفته است این گلوله‌ها بعداً در محلول کلراید سدیم جهت کریستالیزاسیون قرار می‌گیرند. روش دیگر ساختن گلوله‌ها از پودر کریستال‌های زئولیت روی کیک فیلتر است که با رس کلسینه شده مخلوط می‌شود و سپس توسط اکسترودر به شکل گلوله خارج شده و در Dryer خشک می‌شود

گلوله‌های پیش‌ساخته شده زئولیت $4A$ در تبادلیونی و یا فرم دیگری از پروسس غربال معکوس، میتوان به نوعی $5A$ تبدیل کرد. این تبدیل طی واکنش زیر انجام می‌گیرد:



پروسه تولید زئولیت $5A$ بصورت محصول فرعی در شکل (۸) آمده است.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۴۹)



همچنانکه قبلاً نیز گفته شد در سنتز زئولیت ZA از کائولن زئولیت‌های X و Y و P و هیدرات سودالیت تولید می‌شود و چنانچه درجه حرارت‌ها بدرستی کنترل نشده و همچنین در هنگام کلسینه کردن کائولن به جای متاکائولن تبدیل به فاز *mullite* شود و یا در پروسس نسبت استوکیومتری رعایت نشود زئولیت مورد نظر تشکیل خواهد نشد.

در پروسه‌های دیگر زئولیت‌ها را در اندازه‌های دانه‌ای ۵۰ الی ۲۰۰ میکرون و مناسب برای کاربرد بستر سیال شکل می‌دهند. خمیر *slurry* تهیه شده از کائولن کلسینه شده و محلول سیلیکات سدیم نخست با اسپری درایر *spray drier* خشک می‌شود و تولید ذرات به قطر ۵۰ الی ۲۰۰ میکرون می‌کند ذرات حاصل از اسپری درایر ابتدا در محلول هیدروکسید سدیم در درجه حرارت محیط به هم می‌زنند. بعداً به درجه حرارت کریستالیزاسیون در حدود 80°C - 120°C می‌رسانند. شکل‌های دیگر زئولیت بصورتی است که بیشتر به عوامل فیزیکی بستگی پیدا می‌کند. پروسس بالا برای زئولیت A و X و Y مناسب می‌باشد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۵۰)

و با زئولیت Y با ترکیبات آمونیومی و یا فلزات (تبادل شده $metal-ion\ Changer$) می‌باشد در پروسس تهیه زئولیت X با Y ، کاتولن کلسینه نشده ابتدا با هیدروکسید سدیم غلیظ و محلول سیلیکات سدیم در یک کوره در درجه حرارت حدود $300^{\circ}C$ واکنش می‌دهد. و محصول بدست آمده در درجه حرارت آب در حدود 100 درجه سانتی گراد شسته می‌شود زئولیت به دست آمده شامل 85% زئولیت X یا Y است و محصول نهائی زئولیت بیشتر در کاتالیست کراکینگ مخلوط با یک ماده ماتریس $Matrix$ مناسب مانند رس یا ژل سیلیکات آلومینیم آمورف بکار می‌رود.

پروژه‌های مختلف به صورت $Patent$ برای تولید انواع محصولات تجاری موجود است این محصولات بیشتر برای کاتالیست کراکینگ و پروسس جذب مصرف دارند. عموماً در محصول (کاتالیست) 10 الی 20% وزنی زئولیت وجود دارد. اگرچه این پروسس‌ها برای تهیه زئولیت خالص مناسب نیستند ولی در کاربردهای مختلف ماده اصلی را تشکیل می‌دهند.

اگر کاتولن کلسینه شده با هیدروکسید سدیم و آب در نسبت‌های وزنی 5 به 1 و 5 مخلوط شوند و آن را به مدت زیاد بدون همزدن در درجه حرارت حدود $90^{\circ}C$ بگذاریم در این حالت بیشتر زئولیت $faujasite$ تشکیل می‌شود. نسبت SiO_2 و Na_2O و H_2O در ترکیب زئولیت Al_2O_3 در جدول (۳) آمده است.

ترکیب درصد زئولیت‌ها با دیزاکسیون پودری $X-ray$ تعیین می‌شود.

کریستالیزاسیون خمیر کاتولن کلسینه شده در $1000^{\circ}C$ با هیدروکسید سدیم آبی مخلوط با یک سیلیکای فعال شده در $100^{\circ}C$ زئولیت Y بدست می‌آید نسبت SiO_2 / Al_2O_3 برابر $5-5/1$ می‌باشد و مقداری از سیلیکای اضافی واکنش نکرده باقی می‌ماند. زئولیت حاصل شده 42% محصول به فرمول $Na_2O . Al_2O_3 . SiO_2 . H_2O$ می‌باشد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۵۱)

تکنیک‌های دیگر برای سنتز زئولیت‌ها از خاک رس برای بالا بردن نسبت بایستی آلومینیم اضافی را از خاک رس با اسید شور کردن جدا کرد (HCL) متاکائولن اسید شوئی شده دارای ترکیب استوکيومتری $Al_2O_3 \cdot 4,8Na_2O$ می‌شود و راندمان عمل ۹۵٪ است.

زئولیت‌های K-M , L.T , S.D نیز مانند زئولیت Y با استفاده از متاکائولن در میلیکای اضافی در محلول سیلیکات سدیم تولید می‌شود و معمولاً انواع دیگر زئولیت‌ها از واکنش بدست می‌آید.

۳- گلوله‌ای کردن پودر زئولیت

همچنانکه قبلاً نیز گفته شده بود زئولیت‌ها توسط اکسترودر گلوله‌ای می‌شود در این روش ممکن است با توجه به کاربردشان با پودر فلزات و یا مواد معدنی دیگر ساخته شوند.

زئولیت‌ها ممکن است به شکل الیافی همراه با حرارت دادن در ضمن عبور از اکسترودر بدست آیند و وقتی درجه حرارت و فشار زیاد باشد کریستال‌های زئولیت بدست آمده استخوانی می‌شوند. گلوله‌های استخوانی بدست آمده صرفاً جهت تحقیقات آزمایشگاهی است و استفاده‌ای در صنعت ندارد. روش دیگر شکل دادن زئولیت بصورت تک کریستالی است ساخت اندازه کریستال‌های زئولیت در پروس‌های سیال جذبی در حدود ۱۰۰ میکرون می‌باشند. ولی کلاً تک کریستالی‌ها جنبه تجارتي ندارند.

در آماده‌سازی غربال ملکولی گلوله‌ای مقاومت فیزیکی اهمیت دارد بدین دلیل آماده سازی توده‌های گلوله‌ای نظیر *mordenite* بطور مستقیم با اکسترودر انجام می‌شود.

آماده سازی توده‌های الیافی زئولیت بصورت گلوله‌های کروی با استوانه‌ای برحسب مقاومت تنشی ساخته می‌شوند گرچه نمی‌توان در پروس‌های جذب و کاتالیستی مشخصه نفوذ پذیری را بی‌ارتباط به آن دانست اما حفره‌ها در گلوله‌ها بایستی بصورتی باشد که مقاومت نفوذ را زیاد نکند مسئله دیگر ایتیمم کردن

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۵۲)

ماکزیمم دانسیته در افزایش ظرفیت جذب و نفوذ است و همچنین بعضی کاربردهای اساسی استفاده از ترکیبات زئولیتی مانند جذب در زمان محدود می‌باشد و در پروسس جذب در بستر ثابت باید از غربال ملکولی با حفره‌های مناسب و زیاد به کار برده شود.

مواد کاتالیستی و جاذب از تهیه زئولیت A که بطور گلوله‌ای الیافی ساخته می‌شوند ابتدا زئولیت و اسید سیلیسیک به طور گرانولی آماده می‌شود گرانول‌های حاصله شامل ۱۵٪ سیلیکاست سپس در محلول آلومینات سدیم همراه با همزدن در هضم کننده یک روز می‌ماند و بعد در $NaOH$ آبی چند ساعت قرار می‌دهند. و بدین ترتیب گلوله‌های الیافی برای پروسس‌های جذب و کراکینگ آماده است

در روش‌های دیگر زئولیت نخست در ژل آبی بوسیله سود آلومینیم‌تری هیدرات و سیلیکای کلئیدی عمل می‌شود. کریستال‌های زئولیت بعد فیلتر شده و با آب شستشو می‌شود و با تعادل یونی تبدیل به زئولیت آمونیوم شده، سپس با کائولن مخلوط شود و بهتر است کائولن قبلاً توسط بخار در $700-750^{\circ}C$ برای چند ساعت فعال شود گلوله‌ها در پایان شامل ۱۰٪ زئولیت خواهند بود این روش در تولید فرم پایدار زئولیت Y مؤثر است.

در تهیه زئولیت به روش آبی، کریستال‌های زئولیت در محلول صاف شده (فیلتریت) پراکنده‌اند و PH محلول محدود ۴-۴/۵ خواهد بود اگر مدت ۳۰ دقیقه به همزده شود و سپس سولفات آلومینیم و هیدروکسید آلومینیم اضافه شود و بعد کریستال‌های ماتریس سیلیکا آلومینا تولید شده فرم داده می‌شود. زئولیت نهایی حدود ۱۰٪ از ماتریس سیلیکای آمورف است که کلاً ۹۲/۵ سیلیکا و ۷/۶٪ آلومینا خواهد بود. سپس در اسپری رایر خشک می‌شوند.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۵۳)

ترکیب زئولیت با رس جهت پروسس‌های جذب به شکل توده‌های کروری شناخته شده و سپس خشک می‌شوند. برای کنترل رطوبت مقداری آب اضافه می‌شود چونکه سطح این کره‌ها سخت می‌شود. بدین منظور در محلول سیلیکات خیسانده شده و بعد بصورت پوشش روی سطح آن خشک می‌شود و بعد گلوله‌های کروری پوشش داده شده، کلسینه می‌شوند.

مقدار آب از دست داده در زئولیت‌ها حدود $1/5$ الی $2/5$ ٪ وزن محصول است (پودر زئولیت بایستی قبلاً هیدراته باشن ظرفیت آب هیدراته برابر است با حدود 80 ٪ ظرفیت آبی است که می‌تواند در پودر کریستال زئولیت جذب شود.

محصولات که بصورت گلوله‌ای یا رشته‌ای ساخته می‌شوند در حدود 20 ٪ وزنی زئولیت دارند. خواص جذب و دیگر خواص فیزیکی (مقاومت مکانیکی و حرارتی) محصولات تجاری در گلوله‌ها و رشته‌ها مؤثر هستند ولی بیشتر در غربال ملکولی اثرات حفره‌ها مورد توجه می‌باشند.

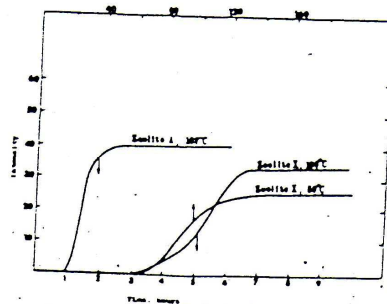
سینتیک و مکانیزم کریستالیزاسیون زئولیت

اطلاعات وسیعی در مورد ارتباط ترکیب درصد مخلوط‌ها، ژل‌ها، فازها با درجه حرارت و فشار و زمان در واکنش تهیه زئولیت‌ها لازم است. این اطلاعات در مورد مکانیزم کریستالیزاسیون و سینتیک محدود است. مطالعاتی که روی سرعت کریستالیزاسیون زئولیت A ، زئولیت X و $mondenite$ از ژل‌های آلومینیوسیلیکات سدیم انجام شده است (شکل (۱)). از منحنی S شکل آن فهمیده می‌شود که در ابتدای پیروود لازم است که هسته کریستالی اولیه به یک اندازه بحرانی رشد کند. اثر درجه حرارت روی

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۵۴)

کریستالیزاسیون زئولیت در ابتدای پریود در 50°C در ۶۰ ساعت در مقایسه با 100°C در ۲ ساعت مشهود است و شکل اصلی تداوم رشد کریستال‌هاست.

شکل (۱) کریستالیزاسیون زئولیت A و X در 50°C و 100°C - تابعی از زمان و حساسیت (درجه کریستالیزاسیون) می‌باشد.



شکل (۱) کریستالیزاسیون زئولیت A و X در 50°C و 100°C - تابعی از زمان و حساسیت (درجه کریستالیزاسیون) می‌باشد.

اثر درجه حرارت بر کریستالیزاسیون فاز زئولیت‌ها جالب است ارتباط بین زمان کریستالیزاسیون و درجه حرارت برای تشکیل زئولیت X از ژل‌های آلومینیوسیلیکاتها در شکل (۲) آمده است انرژی اکتیواسیون ظاهری برای زئولیت A 11 kcal/mole و برای زئولیت X 15 kcal/mole حساب شده است.

شدت کریستالیزاسیون زئولیت در مخلوط واکنش آلومینیوسیلیکات سدیم آمورف 0.82 NaAlO_2

با SiO_2 با NaOH آبی بوسیله $Kerr$ مطالعه شده است

او دریافت که در 100°C شدت تشکیل تقریباً از درجه اول است. شدت تشکیل شدن هسته بعد از مدت زمانی سریع می‌شود. با اضافه شدن کریستال‌های زئولیت در مخلوط شدت واکنش کمتر می‌شود.

جامدهای آمورف در محلول قلیائی سریعاً حل می‌شوند و غلظت مواد فعال را کاهش می‌دهند ولی شدت

رشد با غلظت NaOH افزایش می‌یابد.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۵۵)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی	

در بررسی‌های بعدی، کریک *Ciric* ژل‌های آلومینیوسیلیکاتی را بکار برد او دریافت که اثر تغییرات غلظت *NaOH* بیانگر انتقال ترمهای حل شده از ژل به سطح کریستال می‌باشد و نفوذ در محل دو بار منفی و احتمالاً در جایی که آلومینیوسیلیکات دی-مریامترامر وجود دارد انجام می‌گیرد. شدت رشد زئولیت از ژل‌های آلومینیوسیلیکات به صورت زیر بدست می‌آید.

$$(dwc/dt)_T = K^4(OH)^2$$

که درجه واکنش است طبق معادله بالا $\log(dcw/dt)$ برحسب $\log(OH)^-$ بطور خطی بوده و شیب آن ۲ است.

استفاده از آلومینیوسیلیکات آمورف در $300^\circ C$ (در بالای $PH=12/8$) باعث افزایش شدت کریستالیزاسیون می‌شود در $PH=13/3$ مردنیت *Mordenite* سنتزی تبدیل به آنالسین *analcine* می‌شود. (این تحقیقات توسط *Barrer* انجام شده است. این کریستالیزاسیون در $PH=12/6$ بعد از یک ساعت در $350^\circ C$ و یا ۴ هفته در $100^\circ C$ و یا دو روز در درجه حرارت $200^\circ C$ انجام‌پذیر است. کریستالیزاسیون ژل‌های آلومینیوسیلیکات آمورف آهسته صورت می‌گیرند. ترکیب درصد شیمیایی جامد و فازهای مایع ژل‌های آلومینیوسیلیکات از محلول‌های قلیائی سدیم و پتاسیم آلومینات‌ها و سیلیکات‌ها توسط *Zhdomer* بررسی شده است. .

او مشاهده کرد که شبه تعادلی، بین فاز جامد و مایع در ژل و نهایتاً هسته‌ای شدن و رشد دو فاز مایع وجود دارد. مواد ژلی مداوماً حل شده و به هسته کریستال‌ها در فاز مایع منتقل می‌شوند. مکانیزم مشابه با این محلول‌ها توسط *Kett (Y)* انجام گرفته است. از محلول هیدروکسید سدیم و آلومینیوسیلیکات سدیم

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۵۶)

آمورف (ترکیب درصد SiO_2 ۰,۸۲، $NaAlO_2$) بیشتر کریستال زئولیت A حاصل می‌شود در $100^\circ C$

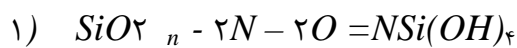
آلومینیوسیلیکات حل می‌شود و تبدیل به هسته‌های کریستال زئولیت A می‌شوند.

در ژل، سیلیکا بصورت منومر هیدرات $Si(OH)_4$ وجود دارد و محلول با PH بالا یونهای سیلیکا وجود دارد.

محلول سیلیکا به شکل آمورف می‌باشد و کریستالیزاسیون محلول در باز قوی مثل هیدروکسید سدیم در

حدود $PH=10,5-11$ انجام می‌گیرد و احتمالاً به صورت دی پلی مریزاسیون هیدراتها به فرم $Si(OH)_4$

می‌باشد و طبق واکنش زیر به صورت جانشینی انجام می‌گیرد.



به فرض اینکه غلظت منومر $Si(OH)_4$ با PH تغییر نکند، افزایش سیلیکای قابل حل با افزایش بر اساس

فرمول ۲ با ثابت تعادل زیر بیان می‌شود:



وقتی محلول‌های آلومینات و یونهای پلی سیلیکا به صورت ژل هیدروس *hydrous* مخلوط می‌شوند یونهای

آلومینات و یونهای سیلیکات پلیمریز می‌شوند ساختمان ژل تولید شده آمورف بوده و ترکیب درصد و

ساختمان ژل هیدرس با اندازه ساختمان فضایی پلیمریزه شده کنترل می‌شود سپس زئولیت با توجه ترکیب

شیمیایی و توزیع وزن مولکولی مختلف از محلول ژلی ممکن است ساخته شود. بنابراین انعقاد هسته‌های

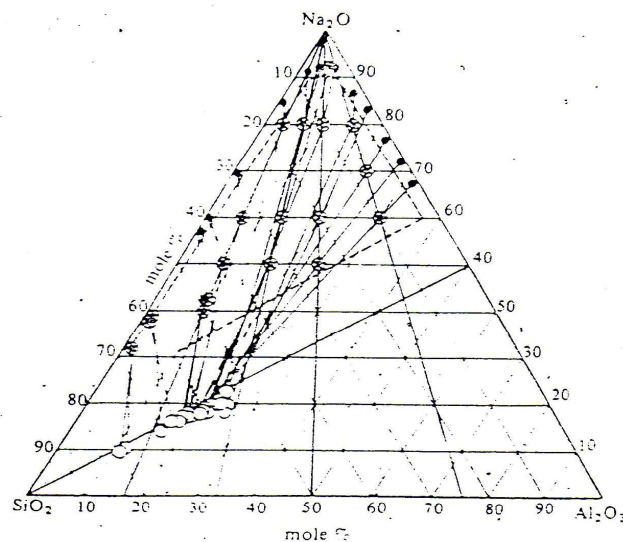
کریستال‌های زئولیت نیز از همین طریق کنترل می‌شوند. اندازه کریستال و مرفولوژی رشد زئولیت‌ها از

ژل‌ها نشان می‌دهد که کریستال‌ها خیلی کوچک و در حدود چند میکرون هستند و بطور یکنواخت در

محلول بکار می‌رود. مخلوط واکنش برای تهیه سیلیکای کلونیدی همزده می‌شود و این عمل پلیمریزاسیون

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۵۷)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی	

تحت تعادل انجام می‌شود. در فاز ژل هیدروژن ذرات بزرگ سیلیکا دارای وزنهای ملکولی در حدود ۱۰۰۰۰۰ است تشکیل هسته زئولیت بوسیله حل شدن یونهای سیلیکات از سیلیکای کلئیدی تولید می‌شود و اغلب یونهای آلومینیات نیز در محلول حضور دارد و در صورت خالص بودن ممکن است کریستال‌های یکنواخت زئولیت A تهیه شود که حدوداً 500°A قطر دارند.



شکل (۲) ترکیب درصد مولی در ژل آلومینوسیلیکات- Na (دایره‌ها در)، در ژل شسته شده با قلیای اضافی (دایره‌های خالی) در فازهای مایع ژلی (دایره‌های سیاه)

یک کریستال زئولیت A و زئولیت X به قطر ۱۰۰ الی $140\ \mu$ بوسیله *onarnell* از متاسیلیکات سدیم در محلول آلومینیات سدیم و تری اتانول آمین در ۷۰ الی 95°C تهیه شد. زمان کریستالیزاسیون محلول‌های آلومینات و سیلیکات فوق برای تهیه زئولیت ۳-۵۰ هفته و برای زئولیت A، ۲-۳ هفته به طول انجامید.

۴- تعیین نقاط قوت و ضعف تکنولوژی‌های مرسوم (به شکل اجمالی) در فرآیند

تولید محصول

در قسمت فوق حین توضیح فرایند نقاط قوت و ضعف تکنولوژی‌های تولید به طور مبسوط مورد بررسی قرار گرفته است.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۵۸)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی	

۵- بررسی و تعیین حداقل ظرفیت اقتصادی شامل برآورد حجم سرمایه‌گذاری ثابت به تفکیک ریالی و ارزی (با استفاده از اطلاعات واحدهای موجود، در دست اجراء، UNIDO و اینترنت و بانک‌های اطلاعاتی جهانی، شرکت‌های فروشنده تکنولوژی و تجهیزات و ...)

در این بخش بررسی‌های پارامترهای مهم اقتصادی احداث یک واحد صنعتی تولید زئولیت با حداقل ظرفیت اقتصادی نظیر؛ برآورد هزینه‌های ثابت و در گردش مورد نیاز واحد، نقطه سر به سر، سرانه سرمایه‌گذاری و ... انجام می‌گیرد. برای این منظور ابتدا برنامه سالیانه تولید واحد مورد نظر، بر اساس مشخصات فنی ماشین‌آلات خط تولید، برآورد می‌شود که در جدول زیر ارائه شده است. لازم به ذکر است؛ تولید سالیانه بر اساس تعداد ۳ شیفت کاری ۸ ساعته برای ۳۰۰ روز کاری محاسبه گردیده است.

جدول (۱۵): برنامه سالیانه تولید

۳۰۰۰۰	ظرفیت تولید TON / Year`
سال اول ۸۰٪ سال دوم ۹۰٪ سال سوم ۱۰۰٪	ضریب کارکرد
۳۰۰ روز	زمان کارکرد شرکت در سال
۳ شیفت	تعداد شیفت در ۲۴ ساعت
برنامه زمانبندی سرمایه‌گذاری:	
۱۸ ماه	مدت اجراء طرح
تسهیلات بانکی و نقدی	الگو سرمایه‌گذاری ثابت
۲۶۶۸۷	سرمایه ثابت (میلیون ریال)
۳۴۴۲	سرمایه در گردش
۱۸٪	نرخ تسهیلات بانکی
مدت تسهیلات برای:	
یک سال	سرمایه در گردش
پنج سال	سرمایه ثابت

مفروضات:

۱- قیمت دلار برابر با ۸۵۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

۲- تعداد روزهای کاری طی سال برابر با ۳۳۰ روز می‌باشد.

۳- نرخ بیمه برابر با ۰/۲۵٪ در نظر گرفته شده است.

۴- استهلاک ماشین‌آلات ۱۰٪، تاسیسات ۷٪ و ساختمان ۷٪ می‌باشد.

۵- تعمیرات ماشین‌آلات ۴٪، تاسیسات ۵٪ و ساختمان ۳٪ می‌باشد.

۵-۱- اطلاعات مربوط به سرمایه ثابت طرح

منظور از سرمایه گذاری ثابت (دارایی ثابت) اقلامی از دارایی بوده که عمری دائمی یا نسبتاً طولانی داشته و در جریان فعالیتهای یک موسسه قرار می‌گیرند و به منظور فروش به مشتریان موسسه خریداری نشده‌اند، این موارد عبارتند از: زمین و ساختمان، تاسیسات، ماشین‌آلات، وسایل اداری، وسائط نقلیه، هزینه‌های دانش فنی، هزینه‌های قبل از بهره‌برداری، هزینه‌های پیش بینی نشده (این هزینه‌ها ممکن است بوجود بیاید در حالی که آنها برنامه ریزی نشده است که در طرح برابر با ۱۰٪ در نظر گرفته شده است).

۵-۱-۱- هزینه‌های زمین و ساختمان‌سازی

در این قسمت با توجه به ابعاد دستگاهها، مساحت لازم برای نصب و فضای باز مورد نیاز محاسبه شده و سپس مساحت زمین و سطح زیربنا محاسبه گردیده است.

هزینه‌های مربوط به زمین و ساختمان در جدول شماره ۱۶ منعکس گردیده است. این هزینه‌ها با توجه به نقشه لی اوت و سالن‌های جانبی برآورد شده‌اند.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۶۰)

جدول (۱۶) هزینه مربوط به زمین و ساختمان

ردیف	شرح هزینه	مساحت (متر مربع)	نرخ واحد ریال	کل هزینه میلیون ریال
۱	زمین	۷۵۰۰	۹۱۰۰۰	۶۸۳
۲	سالن‌های تولید	۳۰۰۰	۱۱۷۰۰۰۰	۳۵۱۰
۳	انبارهای مواد ساخته شده	۷۲۸	۱۰۴۰۰۰۰	۷۵۷
۴	ساختمان‌های جنبی اداری، رستوران، نمازخانه	۲۴۰	۱۹۵۰۰۰۰	۴۶۸
۵	سازه فلزی جهت طبقات ستونها و برجها	-	-	-
۶	تعمیرگاه و تاسیسات (داخل سالن تولید)	۴۰۸	۱۱۷۰۰۰۰	۴۷۷
۷	ساختمان‌های استقرار تجهیزات برقی و موتورخانه	۶۴	۱۹۵۰۰۰۰	۱۲۵
۸	محوطه سازی و فضای سبز	۴۵۰	۱۵۶۰۰۰	۷۰
۹	پی کنی و بتن زیری مسطح	۴۸۸M ^۳	۳۲۵۰۰۰	۱۵۹
۱۰	خاکریزی و تسطیح	۷۵۰۰	۱۳۰۰۰	۹۸
۱۱	خیابان کشی و آسفالت	۲۷۵۶	۶۵۰۰۰	۱۷۹
۱۲	دیوار کشی (به ضخامت ۰/۵ m و ارتفاع ۲m)	۶۴۰	۶۵۰۰۰	۴۲
۱۳	پیش‌بینی نشده (۱۵٪ اقلام فوق)	-	-	۹۸۵
	جمع کل			۷۵۵۳

۲-۱-۵- هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات خط تولید

این هزینه‌ها براساس استعلام صورت گرفته از شرکت‌های مهم تولید کننده یا نمایندگی‌های معتبر برآورد می‌گردد. همچنین هزینه‌های جانبی تهیه ماشین‌آلات، شامل؛ هزینه‌های حمل و نقل، نصب و راه‌اندازی، عوارض گمرکی و ... نیز محاسبه می‌شود. در جدول زیر فهرست ماشین‌آلات تولیدی و تعداد مورد نیاز آن در خط تولید ارائه شده است و براساس قیمت‌های اخذ شده، هزینه‌های اصلی و جانبی تهیه ماشین‌آلات و تجهیزات، محاسبه گردیده است.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۶۱)

جدول (۱۷): هزینه ماشین‌آلات خط تولید

ردیف	شرح	تعداد	قیمت واحد		هزینه کل (میلیون ریال)
			هزینه به هزار دلار	هزینه به میلیون ریال	
۱	بستر محافظ	۱	-	۱۰۰	۱۰۰
۲	بستر غربال مولکولی	۴	-	۱۲۰	۴۸۰
۳	کندانسور	۴	-	۹۰	۳۶۰
۴	مخازن تغلیظ	۴	-	۸۰	۳۲۰
۵	خشک کن	۳	-	۱۰۰	۳۰۰
۶	مبدل	۴	-	۹۰	۳۶۰
۷	سیستم های الکتریکی و ابزار دقیق	-	-	-	۱۲۰
۸	فیلتریت	۲	-	۱۳۰	۲۶۰
۹	مخازن همزن دار	۴	-	۱۵۰	۶۰۰
۱۰	پمپ (در انواع مختلف)	۱۲	-	-	۱۰۰
۱۱	خرد کننده	۲	-	۹۰	۱۸۰
۱۲	کرمکن خوراک	۱	-	۷۰	۷۰
۱۴	لوله و اتصالات		-		۵۰۰
۱۳	سایر لوازم و متعلقات خط تولید (۵ درصد کل)		-		۱۸۷,۵
۱۴	هزینه حمل و نقل، خرید خارجی، نصب و راه‌اندازی (۱۰ درصد کل)		-		۳۷۵
	مجموع (میلیون ریال)				۴۳۱۲,۵

۳-۱-۵- هزینه‌های تأسیسات

هر واحد تولیدی، علاوه بر دستگاه‌های اصلی خط تولید، جهت تکمیل یا بهبود فرآیندها، نیاز به تجهیزات و تأسیسات جانبی، نظیر؛ تأسیسات گرمایش و سرمایش، آب، برق، دیگ بخار، کمپرسور، تأسیسات اطفاء حریق و ... خواهد داشت. انتخاب این موارد با توجه به ویژگی‌های فرآیند و محدودیت‌های منطقه‌ای و زیست‌محیطی انجام می‌گیرد. تأسیسات و تجهیزات مورد نیاز این طرح و هزینه‌های تهیه آن در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۱۸): هزینه‌های تأسیسات

ردیف	عنوان و مشخصات	تعداد	ظرفیت	قیمت واحد میلیون ریال	هزینه کل میلیون ریال
۱	حق انشعاب آب، برق و گاز و مخابرات	-	-	-	۲۵۰
۲	تجهیزات تصفیه آب	۱ دستگاه	-	۱۱۰	۱۱۰
۳	تجهیزات آب خنک کن، تجهیزات برج خنک کن و لوله کشی	۱ دستگاه	۱۹۲M ^۳ /h	۲۶۰	۲۶۰
۴	تجهیزات دیگ‌های بخار با فشار ۱۸ اتمسفری	۲ دستگاه	۵ TON	۲۰۰	۴۰۰
۵	مخازن و تانک‌های ذخیره مورد نیاز در این بخش	۱۰ عدد	۸۰M ^۳	۱۲۰	۱۲۰۰
۶	تجهیزات تصفیه فاضلاب	۱	-	۶۵۰	۶۵۰
۷	هزینه تأسیسات برقی انتقال برق فشار قوی و روشنایی	۱	-	۳۸۰	۳۸۰
۸	شبکه برقی صنعتی، مخابرات آتش نشانی و روشنایی	-	-	۴۷۰	۴۷۰
۹	تأسیسات گرمایش و سرمایش ساختمانها	۱	-	۱۶۰	۱۶۰
۱۰	امتیاز حفر چاه عمیق	-	-	۳۹۰	۳۹۰
۱۱	پمپ چاه عمیق	۲	-	۵۲	۱۰۴
۱۲	حفر چاه	-	-	۱۳۰	۱۳۰
۱۳	پیش بینی نشده (۱۰٪ اقلام فوق)	-	-	-	۴۵۰
جمع کل					۴۹۵۴

۴-۱-۵- هزینه لوازم اداری و خدماتی

واحدهای اداری و خدماتی هر واحد تولید نیاز به لوازم و تجهیزات خاص خود را دارند که برای واحد زئولیت در جدول زیر برآورد شده است.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۶۳)

جدول (۱۹): هزینه لوازم اداری و خدماتی

ردیف	مشخصات	تعداد	هزینه کل میلیون ریال
۱	وسایل دفتری کارکنان (میز، صندلی، فایل)	-	۹۰
۲	کامپیوتر، دستگاه فتوکپی، ماشین حساب و ماشین تایپ و غیره	-	۱۰۰
۳	تجهیزات تلفن (خط ورودی دستگاه مربوط و فاکس)	-	۲۰
۴	لوازم رستوران و آشپزخانه	-	-
۵	قفسه بندی انبارها	-	۶۴
۶	پیش بینی نشده (۵٪ اقلام فوق)	-	۱۴
	جمع		۲۸۸

ردیف	مشخصات	تعداد	قیمت واحد (میلیون ریال)	هزینه کل میلیون ریال
۱	سواری	۲	۱۳۰	۲۶۰
۲	وانت ۲ تنی	-	-	-
۳	اتوبوس سرویس	-	-	-
۴	مینی بوس	-	-	-
۵	لیفتراک یک تنی	۲	۲۶۰	۵۲۰
۶	باسکول	۱	۴۵۵	۴۵۵
۷	پیش بینی نشده ۵٪ اقلام فوق	-	-	۶۲
	جمع کل			۱۲۹۷

۵-۱-۵- هزینه‌های خرید حق انشعاب

هر واحد تولیدی برای شروع فعالیت و ادامه آن، نیاز به آب، برق، گاز، ارتباطات و ... دارد. در جدول زیر، هزینه خرید انشعاب‌های برق، گاز، تلفن براساس ظرفیت مورد نیاز واحد زئولیت ارائه شده است.

جدول (۲۰): حق انشعاب

ردیف	شرح	واحد	ظرفیت مورد نیاز	قیمت واحد (ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	آب، برق، گاز، ارتباطات				۲۵۰
	مجموع (میلیون ریال)				۲۵۰

#در جدول ۱۸ به حق انشعاب و هزینه کلی آن اشاره شده است.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۶۴)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی

۵-۱-۶- هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

هزینه‌های قبل از بهره‌برداری شامل مطالعات اولیه، اخذ مجوزها، هزینه‌های آموزش پرسنل و راه‌اندازی آزمایشی و... می‌باشد که در جدول زیر، برآورد شده است.

جدول (۲۱): هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

ردیف	شرح	ریالی (میلیون ریال)	ارزی (هزار دلار)	ملاحظات
۱	هزینه تامین دانش فنی	۱۷۲	۲۰	
۲	هزینه طراحی و مهندسی و مطالعاتی	۸۶	۱۰	
۳	هزینه کنترل کیفیت و تجهیزات و نظارت بر اجرا	۱۷	۲	
۴	هزینه آموزش پرسنل	۷۰	۱۱	
	مجموع	۳۴۵	۴۳	
	جمع کل ریالی با احتساب هر دلار ۸۵۰۰ ریال	۷۱۱		

ردیف	شرح	ریالی (میلیون ریال)
۱	هزینه ثبت شرکت و اخذ مجوزهای قانونی	۳۰
۲	هزینه پرسنلی قبل از بهره‌برداری	۶۰۰
۳	هزینه تولید آزمایشی (هزینه تولید ۱۵ روز شیفت)	۱۸۴۱
	جمع کل:	۲۴۷۱

جدول (۲۲): جمع‌بندی سرمایه‌گذاری ثابت طرح

ردیف	شرح	ارزی هزار دلار	ریالی میلیون ریال
۱	زمین	-	۶۸۳
۲	محوطه‌سازی و ساختمان	-	۶۸۷۰
۳	ماشین‌آلات و تجهیزات و تانک‌ها و مخازن	۵۱۵	۳۷۶۴
۴	تأسیسات زیربنایی	-	۴۹۵۴
۵	وسایل اداری	-	۲۸۸
۶	وسائط نقلیه	-	۱۲۹۷
۷	دانش فنی و مهندسی	۴۳	۳۴۵
۸	هزینه‌های قبل از بهره‌برداری	-	۲۴۱۷
۹	پیش‌بینی نشده (۵٪) اقلام فوق	۲۸	۱۰۳۴
	جمع کل	۵۸۶	۲۱۷۰۶
	جمع کل ریالی		۲۶۶۸۷

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۶۵)

۲-۵- هزینه‌های سالیانه

علاوه بر سرمایه‌گذاری مورد نیاز جهت احداث و راه‌اندازی واحد، یک سری از هزینه‌ها بایستی به صورت سالانه براساس تولید محصول انجام شود. این هزینه‌ها شامل تهیه مواد اولیه، نیروی انسانی، انرژی مصرفی، هزینه استهلاک تجهیزات، ماشین‌آلات و ساختمان‌ها، هزینه تعمیرات و نگهداری، هزینه‌های فروش محصولات، هزینه تسهیلات دریافتی، بیمه و ... می‌باشد. در جداول زیر هزینه‌های سالیانه هر یک از این موارد برآورد شده است.

جدول (۲۳): هزینه سالیانه مواد اولیه

ردیف	شرح	واحد	محل تأمین	قیمت واحد		مصرف سالیانه	قیمت کل (میلیون ریال)
				ریال	دلار		
۱	سیلیکات سدیم	کیلوگرم	واردات	۳۰۰۰		۳۰۰۰۰۰۰۰	۹۰۰۰۰
مجموع (میلیون ریال)							۹۰۰۰۰

جدول (۲۴): هزینه سالیانه نیروی انسانی

ردیف	شرح	تعداد	حقوق ماهیانه هزار ریال	هزینه سالیانه میلیون ریال	توضیحات
۱	مدیر کارخانه	۱	۷۸۰۰	۹۴	پایه محاسبات حقوق سالیانه ۱۲ ماه
۲	مهندسین شیفت	۴	۴۷۰۰	۲۲۶	
۳	مدیر فنی	۱	۶۳۰۰	۷۶	
۴	تکنسین آزمایشگاه	۵	۲۸۰۰	۱۶۸	
۵	انباردار	۱	۱۷۱۰	۲۱	
۶	کارگر ساده	۸	۱۳۷۰	۱۳۲	
۷	نگهبان	۵	۱۳۷۰	۸۲	
۸	پرسنل تعمیراتی	۵	۱۸۷۰	۱۱۲	
۹	پرسنل تأسیسات و نیروگاه	۵	۱۸۷۰	۱۱۲	
۱۰	پیش‌بینی نشده (۱۰٪ اقلام فوق)	-	-	۱۰۲	
جمع		۳۵ نفر	-	۱۱۲۵	

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۶۶)

ردیف	شرح	تعداد	حقوق ماهیانه هزار ریال	هزینه سالیانه میلیون ریال	توضیحات
۱	مدیرعامل	۱	۱۰۲۰۰	۱۲۲	
۲	کارمند مالی و اداری	۴	۲۶۴۰	۱۲۷	
۳	راننده	۱	۱۵۶۰	۱۹	
۴	پیش‌بینی نشده (۱۰٪ ارقام فوق)	-	-	۲۷	
جمع		۶ نفر	-	۲۹۵	

جدول (۲۵): مصرف سالیانه آب، برق، سوخت و ارتباطات

ردیف	ماده و انرژی مصرفی	مقدار مصرف سالیانه	هزینه واحد ریال	هزینه کل سالیانه میلیون ریال
۱	آب سرد مصرفی	-	-	-
۲	بخار	-	-	-
۳	آب فرآیند	-	-	-
۴	الکتریسته	Kwh ۸۸۰	۲۲۰	۱۵۳۳
۵	گاز طبیعی	M ^۳ /h ۱۱۰	۱۰۰	۸۷
	جمع کل:			۱۶۲۰

جدول (۲۶): استهلاک سالیانه ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان‌ها

ردیف	شرح	کل سرمایه‌گذاری		درصد استهلاک	ارزی هزار دلار	ریالی میلیون ریال	شماره جدول مأخذ
		ارزی هزار ریال	ریالی میلیون ریال				
۱	ساختمان و محوطه	-	۷۵۵۳	۷	-	۵۲۹	۱
۲	ماشین‌آلات و تجهیزات و مخازن	۵۱۵	۳۷۶۴	۱۰	۵۱/۵	۳۷۶/۴	۳
۳	تأسیسات زیربنایی	-	۴۹۵۴	۷	-	۳۴۷	۲
۴	وسائط نقلیه	-	۱۲۹۷	۲۰	-	۴/۲۵۹	۵
۵	وسایل اداری	-	۲۲۸	۲۰	-	۴۵/۶	۴
۶	پیش‌بینی نشده ۵٪ ارقام فوق	۲۵/۷	۸۹۰	۱۰	۲/۶	۸۹	-
	جمع کل:					۱۶۴۶/۴	-
	جمع کل ریالی با احتساب هر دلار ۸۵۰۰ ریال						-

جدول (۲۷) هزینه تعمیر و نگهداری سالانه

ردیف	شرح	کل سرمایه‌گذاری		درصد	ارزی هزار دلار	ریالی میلیون ریال
		ارزی هزار ریال	ریالی میلیون ریال			
۱	ساختمان و محوطه	-	۷۵۵۳	۳	-	۲۲۶/۶
۲	ماشین‌آلات و تجهیزات و مخازن	۵۱۵	۳۷۶۴	۴	۲۰/۶	۱۵۰/۶
۳	تأسیسات زیربنایی	-	۴۹۵۴	۵	-	۲۴۷/۷
۴	وسائط نقلیه	-	۱۲۹۷	۱۰	-	۱۲۹/۷
۵	وسایل اداری	-	۲۲۸	۱۰	-	۲۲/۸
		جمع کل:			۲۰/۶	۷۷۷/۴
		جمع کل ریالی با احتساب هر دلار ۸۵۰۰ ریال				۹۵۳

جدول شماره (۲۸) هزینه سالانه بیمه کارخانه

ردیف	شرح	هزینه به میلیون ریال
۱	هزینه ساختمان (به غیر از زمین)	۱۷/۲
۲	ماشین‌آلات و تجهیزات	۲۰/۳
۳	تأسیسات زیربنایی	۱۲/۴
۴	وسائط نقلیه	۳/۲
۵	وسایل اداری	۰/۶
۶	مواد اولیه و ملزومات مصرفی*	۷۶
جمع:		۱۲۹/۷
۷		۰/۳
۸		۱/۴
جمع کل:		۱۳۱

۲-۱-۴-و) هزینه‌های عملیاتی

هزینه‌های عملیاتی طرح شامل هزینه‌های اداری فروش (حدود ۱/۵٪ درصد فروش سالیانه محصول) و همچنین هزینه بیمه کارخانه در جدول شماره ۲۹ آمده است:

جدول شماره (۲۹) هزینه‌های عملیاتی سالانه

ردیف	شرح	هزینه به میلیون ریال
۱	هزینه‌های اداری فروش	۲۲۹۵
۲	هزینه بیمه کارخانه	۱۳۱
جمع:		۲۴۲۶

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۶۸)

۲-۱-۴ ض) هزینه‌های غیر عملیاتی

این هزینه‌ها شامل استهلاک هزینه‌های قبل از بهره‌برداری و دانش فنی و مهندسی می‌باشد که در جدول شماره ۳۰ نشان داده شده است.

هزینه غیر عملیاتی جدول شماره ۳۰

ردیف	ماده و انرژی مصرفی	کل هزینه میلیون ریال	استهلاک هزینه (۲۰٪) میلیون ریال	شماره جدول مأخذ
۱	دانش فنی و مهندسی	۷۱۱	۱۴۲	۶
۲	هزینه‌های قبل از بهره‌برداری	۲۴۷۱	۴۹۴	۷
۳	هزینه‌های مالی استفاده از تسهیلات بانکی	۲۱۰۹۰	۴۲۱۸	۲۱
	جمع کل:		۴۸۵۴	-

هزینه‌های عملیاتی و غیر عملیاتی محاسبه شده همراه با هزینه‌های مواد اولیه، حقوق و دستمزد کارکنان تولید، هزینه مصارف تأسیساتی و انرژی، تعمیرات و نگهداری و استهلاک‌ها مجموعاً هزینه تولید سالانه می‌باشد که در جدول شماره ۳۰ آمده است.

جدول (۳۱): هزینه‌های سالیانه

ردیف	شرح	ارزی هزار دلار	ریالی میلیون ریال	جمع ریالی میلیون ریال
۱	مواد اولیه	-	۱۲۱۵۰۰	۱۲۱۵۰۰
۲	حقوق و دستمزد کارکنان تولید و اداری	-	۲۴۱۵	۲۴۱۵
۳	هزینه انرژی و مصارف تأسیسات	-	۱۶۲۰	۱۶۲۰
۴	هزینه تعمیرات و نگهداری	۲۰/۶	۷۷۷/۴	۹۵۳
۵	پیش‌بینی نشده ۱٪ اقلام فوق	۰/۲	۱۲۶۳	۱۲۶۵
۶	هزینه استهلاک	۵۴/۱	۱۶۴۶/۴	۲۱۰۶
۷	جمع موارد فوق	۷۴/۹	۱۲۹۲۲۲	۱۲۹۸۵۹
	اضافه می‌شود:			
۸		-	۲۴۲۹	۲۴۲۶
۹		-	۴۸۵۴	۴۸۵۴
	جمع کل هزینه‌ها	۷۴/۹	۱۳۶۵۰۲	۱۳۷۱۳۹

۳-۵- سرمایه در گردش مورد نیاز طرح

سرمایه در گردش به نقدینگی اطلاق می‌شود که برای تهیه مواد و ملزومات مورد نیاز در جریان تولید نظیر مواد اولیه، نیروی انسانی و ... هزینه می‌شود و به‌طور کلی شامل سرمایه‌ای است که باید کلیه هزینه‌های جاری واحد تولیدی را پوشش دهد و لازم است در هر زمان در دسترس باشد. مقدار سرمایه در گردش بستگی به توان بازرگانی و مدیریتی واحد تولیدی دارد به‌طور مثال اگر امکان دسترسی سریع به مواد اولیه در هر زمان وجود داشته باشد، نیاز کمتری به سرمایه برای تهیه آن است و برعکس در صورت طولانی بودن فرآیند دسترسی به آن، سرمایه در گردش برای خرید افزایش می‌یابد چراکه لازم است مواد مورد نیاز برای زمان بیشتری سفارش داده شود.

به‌طور معمول حداقل سرمایه در گردش مورد نیاز، معادل ۲۰ الی ۲۵ درصد کل هزینه‌های جاری سالیانه واحد تولیدی (معادل هزینه‌های ۲ الی ۳ ماه) است. این مسأله برای مواد اولیه خارجی که ممکن است فرآیند سفارش و خرید آن طولانی باشد دوازده ماه در نظر گرفته می‌شود تا ریسک توقف خط تولید به علت فقدان مواد اولیه کاهش یابد. در جدول زیر سرمایه در گردش مورد نیاز برای انجام مطلوب جریان تولید محصول محاسبه شده است.

فاکتورهای تشکیل دهنده سرمایه در گردش عبارتند از:

الف) هزینه‌های مواد اولیه

ب) هزینه‌های تعمیر و نگهداری

د) هزینه‌های انرژی

جدول (۳۲): برآورد سرمایه در گردش مورد نیاز

ردیف	ماده و انرژی مصرفی	کل هزینه میلیون ریال	استهلاک هزینه (۲۰٪) میلیون ریال
۱	مواد اولیه*	-	۲۵۷۷
۲	حقوق و دستمزد	-	۲۰۱
۳	انرژی و مصارف تأسیسات	-	۱۳۵
۴	تعمیر و نگهداری	۱/۷	۶۴/۸
۵	سایر اقلام (۱۵٪ موارد فوق)	۰/۳	۴۴۶/۷
جمع کل:		۲	۳۴۲۴/۵

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی		صفحه (۷۰)

۴-۵- کل سرمایه مورد نیاز طرح

کل سرمایه مورد نیاز برای احداث واحد تولید زئولیت شامل دو جزء سرمایه ثابت و سرمایه در گردش است که به‌طور خلاصه در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۳۳): سرمایه‌گذاری کل

ردیف	شرح	ارزی* هزار دلار	ریالی میلیون ریال	جمع ریالی میلیون ریال
۱	کل سرمایه‌گذاری ثابت طرح	-	۲۶۶۸۷	۲۶۶۸۷
۲	کل سرمایه در گردش طرح	۲	۳۴۲۵	۳۴۴۲
۳	جمع کل سرمایه‌گذاری طرح	۲	۳۰۱۱۲	۳۰۱۲۹
۴	آورده نقدی (۳۰٪ سرمایه کل)	-	-	۹۰۳۹
۵	تسهیلات بانکی سرمایه ثابت	-	-	۱۷۶۴۸
۶	تسهیلات بانکی سرمایه در گردش**	-	-	۳۴۴۲
۷	سود وام سرمایه‌گذاری ثابت سالانه	-	-	۲۷۸۷
۸	سود وام سرمایه در گردش	-	-	۶۲۰
۹	جمع سود بانکی (کارمزد)	-	-	۳۴۰۷
۱۰	سود موردانتظار سرمایه نقدی (سالانه)	-	-	۱۸۰۸

- نحوه تأمین سرمایه

برای تأمین سرمایه مورد نیاز طرح، از تسهیلات بلندمدت (۲-۵ ساله) برای تأمین ۷۰ درصد سرمایه ثابت مورد نیاز و از تسهیلات کوتاه مدت (۶-۱۲ ماهه) برای تأمین ۵۰ درصد سرمایه در گردش مورد نیاز استفاده می‌شود.

جدول (۳۴): نحوه تأمین سرمایه

سهم سرمایه‌گذاران (میلیون ریال)	تسهیلات بانکی		مبلغ (میلیون ریال)	نوع سرمایه
	مقدار (میلیون ریال)	سهم (درصد)		
۸۰۰۶,۱	۱۸۶۸۰,۱	۷۰	۲۶۶۸۷	سرمایه ثابت
۱۷۱,۲۵	۱۷۱۲,۵	۵۰	۳۴۲۵	سرمایه در گردش
۸۱۷۷,۳۵	۲۰۳۹۲,۶			مجموع (میلیون ریال)

۵-۶- شاخص‌های اقتصادی طرح

پس از ارائه جداول مالی سرمایه، هزینه و درآمد، جهت بررسی بیشتر مسائل اقتصادی طرح، لازم است شاخص‌های مهم مرتبط، از قبیل؛ قیمت تمام شده، سود ناخالص سالیانه، نرخ برگشت سرمایه، مدت زمان بازگشت سرمایه، درصد تولید در نقطه سر به سر، درصد سرمایه‌گذاری ارزی به سرمایه‌گذاری کل، سرانه سرمایه‌گذاری ثابت و ... برای متقاضیان سرمایه‌گذاری طرح تولید زئولیت محاسبه شود که در ادامه ارائه می‌شود.

- قیمت تمام شده:

$$\text{قیمت تمام شده واحد کالا} = \frac{\text{هزینه سالیانه}}{\text{مقدار تولید سالیانه}} \Rightarrow \text{قیمت تمام شده واحد کالا} = \frac{137139 \text{ میلیون ریال}}{30 \text{ میلیون کیلوگرم}}$$

$$\text{ریال } 4572 = \text{قیمت تمام شده واحد کالا}$$

- سود ناخالص سالیانه:

$$\text{ریال } 27021 = \text{سود ناخالص سالیانه} \Rightarrow \text{سود ناخالص سالیانه} = \text{فروش کل} - \text{هزینه کل}$$

- درصد سود سالیانه به هزینه کل و فروش کل:

$$\text{درصد } 19,7 = \text{سود سالیانه به هزینه کل} \Rightarrow \text{درصد } 19,7 = \frac{\text{سود ناخالص سالیانه}}{\text{هزینه کل تولید}} \times 100$$

$$\text{درصد } 19,8 = \text{سود سالیانه فروش کل} \Rightarrow \text{درصد } 19,8 = \frac{\text{سود ناخالص سالیانه}}{\text{فروش کل}} \times 100$$

- نرخ برگشت سالیانه سرمایه:

$$\text{درصد } 89,7 = \text{درصد برگشت سالیانه سرمایه} \Rightarrow \text{درصد } 89,7 = \frac{\text{سود سالیانه}}{\text{سرمایه‌گذاری کل}} \times 100$$

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۷۲)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی

– مدت زمان بازگشت سرمایه

$$\text{سال } 1,11 = \text{مدت زمان بازگشت سرمایه} \Rightarrow \frac{100}{\text{درصد برگشت سالیانه سرمایه}} = \text{مدت زمان بازگشت سرمایه}$$

– هزینه تولید و درصد تولید در نقطه سر به سر:

$$\text{هزینه تولید در نقطه سر به سر} = \frac{\text{هزینه ثابت}}{\text{فروش کل / هزینه متغیر} - 1}$$

$$\Rightarrow \text{ریال } 2895 = \text{هزینه تولید در نقطه سر به سر}$$

$$\text{درصد تولید در نقطه سر به سر نسبت به ظرفیت تولید اسمی طرح} = \frac{\text{هزینه ثابت}}{\text{هزینه متغیر} - \text{فروش کل}} \times 100$$

$$\Rightarrow \text{درصد } 13,6 = \text{درصد تولید در نقطه سر به سر نسبت به ظرفیت تولید اسمی طرح}$$

– سرمایه‌گذاری ثابت سرانه:

$$\text{ریال } 651 \text{ میلیون} = \text{سرمایه‌گذاری ثابت سرانه} \Rightarrow \frac{\text{سرمایه‌گذاری ثابت}}{\text{تعداد کل پرسنل}} = \text{سرمایه‌گذاری ثابت سرانه}$$

– سرمایه‌گذاری کل سرانه:

$$\text{ریال } 734,8 \text{ میلیون} \Rightarrow \frac{\text{سرمایه‌گذاری کل}}{\text{تعداد کل پرسنل}} = \text{سرمایه‌گذاری کل سرانه}$$

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۷۳)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی

۶- میزان مواد اولیه عمده مورد نیاز سالانه و محل تأمین آن از خارج یا داخل کشور قیمت ارزی و ریالی آن و بررسی تحولات اساسی در روند تأمین اقلام عمده مورد نیاز در گذشته و آینده

با توجه به نیازی که برای تأمین ماده اولیه به کشورهای خارجی داریم به نظر می‌رسد که برای صرفه جویی در مصرف ارز و همچنین عدم برخورد به مشکل باید برای تأمین مواد اولیه توجه بیشتری به منابع داخلی شود که بخشی آن در شرح گزارش آمده است

۷- پیشنهاد منطقه مناسب برای اجرای طرح

با توجه به نوع مواد اولیه و حداقل قیمت مورد نیاز برای خرید زمین و همچنین وجود صنایع مرتبط و وضعیت مناسب ارتباطی، برای انتخاب منطقه صنعتی مناسب اولویت با مناطق جنوبی کشور خواهد بود در مکان یابی یک طرح توجه نکات ضروری بسیاری، نظیر نزدیکی به محل تأمین مواد اولیه، بازارهای عمده مصرف، امکانات زیربنایی، حمایت‌های دولت و نیروی انسانی متخصص وجود دارد که در ادامه به بررسی گزینه‌های فوق خواهیم پرداخت.

• محل تأمین مواد اولیه

همانطور که اشاره شد این محصولات وارد شده و با توجه به نزدیکی منابع مورد نیاز و وضعیت مناسب ارتباطی استانهای جنوبی پیشنهاد می‌شود.

• بازارهای فروش محصولات

یکی از معیارهای مکان یابی برای یک طرح، انتخاب مکان مناسب برای ارائه محصولات تولید شده به بازار مصرف می‌باشد. با توجه به ماهیت طرح، اغلب استان‌های کشور نیازمند این گونه محصولات می‌باشند

• امکانات زیربنایی طرح

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۷۴)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی	

برای تامین نیازهایی زیربنایی طرح، مانند شبکه برق سراسری، راههای ارتباطی و شبکه آبرسانی و فاضلاب و غیره، در سطح نیاز این طرح هیچ یک از استان‌های کشور دارای محدودیت خاصی نمی‌باشند.

• نیروی انسانی متخصص

در طرح حاضر، به علت استفاده از امکانات و تجهیزات دیگر کارخانجات، نیاز به افراد متخصص و با تجربه در زمینه‌های تکنولوژی و شیمی است تا امکان انتخاب مواد موردنیاز مناسب و تعیین بهترین شرایط فنی و اقتصادی فرایندهای تولید زئولیت به‌وجود آید. با توجه به‌وجود صنایع شیمیایی بسیار و مراکز آموزش عالی معتبر در زمینه تربیت نیروی متخصص، در استان‌های جنوبی، امکان بهره‌گیری از نیروی متخصص باتجربه در این طرح وجود دارد.

• حمایت‌های خاص دولت

با توجه به اینکه طرح حاضر جزء طرح‌های صنعتی عمومی به حساب می‌آید، به نظر نمی‌رسد که شامل حمایت‌های خاص دولت شود. با این حال اگر این طرح در مناطق محروم راه اندازی شود، مشمول بعضی از حمایت‌های دولت می‌شود.

با توجه به نوع مواد اولیه و حداقل قیمت مورد نیاز برای خریدزمین و همچنین وجود صنایع مرتبط و وضعیت مناسب ارتباطی، برای انتخاب منطقه صنعتی مناسب اولویت با مناطق جنوبی کشور خواهد بود

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۷۵)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی	

۸- وضعیت تأمین نیروی انسانی و تعداد اشتغال

همانگونه که توضیحات نیروی متخصص مورد نیاز در جدول ۲۴ و ذیل آمده است، با توجه به وضعیت مناطق صنعتی در جنوب از لحاظ تأمین نیروی انسانی متخصص از قبیل مهندس شیمی، مهندس مکانیک، متخصص مدیریت صنعتی مشکلی وجود نخواهد بود

ردیف	شرح	تعداد
۱۱	مدیر کارخانه	۱
۱۲	مهندسین شیفت	۴
۱۳	مدیر فنی	۱
۱۴	تکنسین آزمایشگاه	۵
۱۵	انباردار	۱
۱۶	کارگر ساده	۸
۱۷	نگهبان	۵
۱۸	پرسنل تعمیراتی	۵
۱۹	پرسنل تأسیسات و نیروگاه	۵
۲۰	پیش‌بینی نشده (۱۰٪ اقلام فوق)	-
	جمع	۳۵ نفر

۹- بررسی و تعیین میزان تأمین آب، برق، سوخت، امکانات مخابراتی و ارتباطی (راه

- راه آهن - فرودگاه - بندر ...) و چگونگی امکان تأمین آنها در منطقه مناسب برای

اجرای طرح

تاسیس واحد در مناطق جنوبی از لحاظ ارتباطی وضعیت مناسبی ایجاد خواهد کرد و با توجه به امکانات شهرک‌های صنعتی از بابت تأمین موارد ذکر شده اشکالی ایجاد نخواهد شد

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۷۶)

۱۰- وضعیت حمایت‌های اقتصادی و بازرگانی

- حمایت تعرفه گمرکی (محصولات و ماشین‌آلات) و مقایسه با تعرفه‌های جهانی

حمایت تعرفه گمرکی شامل دو بخش تعرفه واردات ماشین‌آلات و مواد نیاز طرح حقوق گمرکی صادرات محصولات واحد تولیدی است که می‌بایست در جهت رشد صنعت انتخاب و اعمال شود. حقوق ورودی ماشین‌آلات خارجی مورد نیاز طرح همانند اکثر ماشین‌آلات صنعتی حدود ۱۰ درصد است که تعرفه نسبتاً پایینی است و به سرمایه‌گذاران هزینه بالایی را تحمیل نمی‌کند. از طرف دیگر در سال‌های اخیر دولت جمهوری اسلامی ایران برای محصولاتی که توانایی رقابت در بازارهای بین‌المللی را داشته باشند و بتوان آنها را به خارج از کشور صادر کرد، مشوق‌هایی در نظر گرفته است و به این واحدها جوایز صادراتی می‌دهد، این مسأله باعث شده است که حجم صادرات غیر نفتی کشور در سال‌های اخیر از رشد فزاینده برخوردار شود. بنابراین در صورت تولید زئولیت با کیفیت و قیمت مناسب مشوق‌هایی برای صادرات آن از طرف دولت در نظر گرفته شده است که باعث رقابتی‌تر شدن محصول در بازارهای کشور هدف می‌شود.

- حمایت‌های مالی (واحدهای موجود و طرح‌ها)، بانک‌ها - شرکت‌های سرمایه‌گذار

حمایت‌های مالی واحدهای تولیدی شامل اعطای تسهیلات بانکی و نحوه بازپرداخت آنها، همچنین معافیت‌های مالیاتی است که در صورت مناسب بودن آنها تسهیل در اجرای طرح می‌شوند و شرایط را برای سرمایه‌گذاری افراد کارآفرین مهیا می‌کند. در ادامه به برخی از این شرایط پرداخته می‌شود.

- یکی از تسهیلات بانکی مهم برای واحدهای تولیدی، پرداخت وام بانکی بلند مدت تا ۷۰ درصد سرمایه‌گذاری ثابت توسط بانک‌های دولتی کشور است. این مقدار برای مناطق محروم در صورت استفاده از ماشین‌آلات خارجی تا ۹۰ درصد هم قابل افزایش می‌باشد.

نرخ سود تسهیلات ریالی بلند مدت در بخش صنعت ۱۰ درصد است که برای برخی از شرکت‌های تعاونی و واحدهای احداث شده در مناطق محروم قسمتی از سود تسهیلات، توسط دولت به بانک‌ها پرداخت می‌شود.

- مدت زمان بازپرداخت تسهیلات بانکی بلند مدت با توجه به ماهیت طرح تولیدی، نوع تکنولوژی و امکان صادر شدن محصول تا حداکثر ۸ سال می‌باشد که امکان استفاده از دوره تنفس یک الی دو ساله بازپرداخت اقساط نیز وجود دارد.

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی	گزارش نهایی	مرداد ۱۳۸۷
مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی		صفحه (۷۷)



- یکی دیگر از تسهیلات بانک مهم، وام‌های بانکی کوتاه مدت (۶ الی ۱۲ ماهه) برای استفاده به‌عنوان سرمایه در گردش مورد نیاز برای انجام فرآیندهای تولید است که شبکه بانک تا ۷۰ درصد آن را تأمین می‌کند. اخذ تسهیلات کوتاه مدت تا این میزان، منوط به جلب اعتماد بانک‌های عامل و سابقه مطلوب در انجام بازپرداخت تسهیلات دریافتی قبلی است.

- علاوه بر تسهیلات بانکی که برای احداث واحدهای تولیدی جدید وجود دارد، برای تشویق سرمایه‌گذاران و هدایت آنها به احداث کارخانجات در مناطق محروم، معافیت‌های مالیاتی در نظر گرفته شده است که برخی از آنها عبارتند از:

۱- معافیت مالیاتی تا ۱۰ سال برای اجرای طرح در مناطق محروم

۲- معافیت مالیاتی تا ۴ سال برای اجرای طرح در شهرک‌های صنعتی

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۷۸)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی	

۱۱- تجزیه و تحلیل و ارائه جمع‌بندی و پیشنهاد نهایی در مورد احداث واحدهای

جدید

با بررسی آمار و اطلاعات مربوط به تولید، مصرف و صادرات و واردات این محصول، می‌توان به این نتیجه رسید که تقاضای این محصول روز به روز در حال افزایش می‌باشد لذا تولید آن در داخل کشور با توجه به رشد روز افزون بخش صنعتی و دیگر صنایع وابسته لازم به نظر می‌رسد در تمامی مراحل: اولاً، درآمدهای آتی، ارزش روسرمایه‌گذاری را بطور کامل جبران می‌نماید زیرا جریان خالص نقدی کل سرمایه‌گذاری با دوره بازگشت طرح کاملاً تطبیق داشته و ملاحظه می‌گردد که در دو سال اول، جریان خالص نقدی، کل سرمایه‌گذاری را جبران می‌کند. ثانیاً، طرح از نقدینگی بسیار خوبی در طی سال‌های آتی برخوردار خواهد شد و هر سال نیز بهبود خواهد یافت. بنابراین، سرمایه‌گذاری در این صنعت و بررسی‌های دقیق‌تر آتی آن توصیه می‌گردد.

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۷۹)	مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی	



۱۲- منابع و مآخذ

- ۱- اداره کل اطلاعات و آمار وزارت صنایع و معادن.
- ۲- مرکز اطلاعات و آمار وزارت بازرگانی.
- ۳- کتاب "مقررات صادرات و واردات سال ۱۳۸۶"، انتشارات شرکت چاپ و نشر بازرگانی.
- ۴- پایگاه اطلاع‌رسانی مرکز آمار ایران.
- ۵- پایگاه اطلاع‌رسانی مرکز پژوهش‌های مجلس جمهوری اسلامی ایران.
- ۶- نمایندگی شرکت‌های تولیدکنندگان ماشین‌آلات
- ۷- پایگاه‌های اطلاع‌رسانی شرکت‌های تولیدکننده ماشین‌آلات
- ۸- سازمان توسعه تجارت ایران
- ۹- سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران
- ۱۰- سازمان توسعه و نوسازی صنایع معدنی ایران
- ۱۱- شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران
- ۱۲- شرکت ملی پتروشیمی ایران

مرداد ۱۳۸۷	گزارش نهایی	مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی
صفحه (۸۰)		مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی