بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده مهندسی شیمی

پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد

رشته مهندسی شیمی

گرایش ترمودینامیک و سینتیک

تأثیر اسیدیته در پایداری کاتالیست‌های اصلاح‌شده‌ی HZSM-5 و تولید الفین‌های سبک در حضور نیتروژن و بخار آب

نگارنده:

محمد شیبک

استاد راهنما:

دکتر رامین کریم زاده

دی ۹۲

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای محمد شیبک پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان تأثیر اسیدیته در پایداری کاتالیست‌های HZSM-5 و تولید الفین‌های سبک در حضور نیتروژن و بخار آب سبک در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر رامین کریم زاده	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمدرضا امیدخواه نسرین	استاد	
استاد ناظر	دکتر عبدالصمد زرین قلم مقدم	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر سعید صاحبدل فر	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر عبدالصمد زرین قلم مقدم	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی

دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

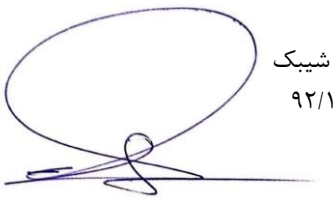
تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب **محمد شیبک** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** ورودی سال تحصیلی ۹۰-۹۱ مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **مهندسی شیمی** متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آیین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله براساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم».



امضا محمد شیبک

تاریخ: ۹۲/۱۱/۱۲

آیین نامه چاپ پایان‌نامه‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه‌ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته **مهندسی شیمی** است که در سال **۱۳۹۲** در **دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس** به راهنمایی جناب آقای **دکتر رامین کریم زاده** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **محمد شیبک** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: محمد شیبک

تاریخ : ۹۲/۱۱/۱۲

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که دعایشان همیشه بدرقه‌ی راهم بوده است.

تشکر و قدردانی

فصل دیگری از زندگی‌ام به پایان رسید. به نظر بسیار زود گذشت، اما تقریباً دو سال از مهم‌ترین سال‌های زندگی‌ام را به خود اختصاص داد. در طول این مدت افراد زیادی مرا پشتیبانی و تحمل کردند. در اینجا اجازه می‌خواهم که از این عزیزان تشکر و قدردانی کنم که بدون حمایت ایشان انجام این پروژه ممکن نبود.

از استاد گران‌قدرم جناب آقای دکتر رامین کریم زاده که در تمامی مراحل این پروژه حمایت خود را از این‌جانب دریغ نکردند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

از سرکار خانم دکتر رحیمی، به عنوان استاد مشاور این‌جانب، به دلیل تمامی تلاش-هایشان در اجرای صحیح آزمایش‌ها، و راهنمایی‌های سازنده ایشان تشکر و قدردانی می-کنم.

از سرکار خانم دکتر موسوی به دلیل همکاری‌های ایشان در اجرای آزمایش‌ها و راهنمایی‌های ایشان، تشکر و قدردانی می‌کنم.

از جناب آقای مهندس داریوش مرادی، دوست دیرین و همکار این‌جانب در این پروژه به دلیل همکاری کامل ایشان در اجرای آزمایش‌ها تشکر و قدردانی می‌کنم.

از پدر و مادرم که بدون پشتیبانی‌ها و تشویق‌های ایشان انجام پروژه ممکن نبود تشکر و قدردانی می‌کنم.

در پایان از تمامی دوستانی که در طول انجام این پروژه همیشه و همه جا پشتیبانم بودند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

چکیده

شکست کاتالیستی هیدروکربن‌های سبک یکی از راه‌های موثر برای تولید الفین‌ها به عنوان سنگ بنای صنایع پتروشیمی است که بارزترین مزیت آن کاهش دمای فرآیند و در نتیجه کاهش مصرف انرژی است. با توجه به سخت‌تر شدن قوانین زیست‌محیطی به منظور جلوگیری از تولید گازهای گلخانه‌ای، فرایند شکست کاتالیستی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در دهه‌ی اخیر تلاش‌های بسیاری به منظور تولید الفین‌های سبک به روش شکست کاتالیستی در مجاورت کاتالیست ZSM-5 صورت گرفته است.

با توجه به این که گاز مایع پالایشگاهی عمدتاً از پروپان و بوتان تشکیل شده است می‌تواند منبع مناسبی برای تولید الفین‌های سبک باشد. در این پروژه عملکرد کاتالیستی زئولیت ZSM-5 بارگذاری شده با ۱۰٪ وزنی لانتان و ۱٪ وزنی فسفر در نسبت‌های Si/Al مختلف (۲۵، ۳۸، ۸۰ و ۲۰۰) و در شرایط حضور نیتروژن و بخار آب به عنوان گاز رقیق‌کننده در فرآیند شکست کاتالیستی LPG مورد بررسی قرار گرفته است، تأثیر مقادیر مختلف فسفر و لانتان بارگذاری شده در نسبت Si/Al برابر ۳۸ بررسی گردیده است. به منظور تعیین مشخصات کاتالیست‌ها از آزمایش-های XRD، NH_3-TPD و FT-IR استفاده شده است.

نتایج حاصل نشان داد که عملکرد کاتالیست در نسبت‌های Si/Al ۳۸ و ۸۰ مناسب‌تر است، همچنین در حضور بخار آب میزان تبدیل خوراک بیشتر است. بیش‌ترین میزان انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک برابر ۵۹/۹٪ در مجاورت کاتالیست حاوی ۱۰٪ درصد وزنی لانتان و ۱٪ وزنی فسفر با نسبت Si/Al برابر ۳۸ و در حضور نیتروژن بدست آمده است.

کلمات کلیدی: شکست کاتالیستی، الفین‌های سبک، اتیلن، پروپیلن، ال.پی.جی، HZSM-5، لانتان، فسفر.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها..... ج

فهرست جدول‌ها..... د

فصل ۱ مقدمه..... ۱

۱-۱ ضرورت و هدف از انجام تحقیق..... ۲

فصل ۲ تبدیل کاتالیستی LPG در مجاورت کاتالیست اصلاح‌شده ZSM-5..... ۵

۲-۱ مقدمه..... ۶

۲-۲ زئولیت..... ۹

۲-۳ زئولیت ZSM-5..... ۱۳

۲-۴ اصلاح ZSM-5 به منظور بهبود شکست کاتالیستی باهدف تولید الفین‌های سبک..... ۱۴

فصل ۳ سامانه آزمایشگاهی و روش آزمایش..... ۲۴

۳-۱ مقدمه..... ۲۵

۳-۲ ساخت و آماده‌سازی کاتالیست..... ۲۵

۳-۲-۱ جابجایی یونی..... ۲۶

۳-۲-۲ بارگذاری..... ۲۷

۳-۲-۲-۱ بارگذاری لانتان..... ۲۷

۳-۲-۲-۲ بارگذاری فسفر..... ۲۹

۳-۳ تعیین مشخصات کاتالیست..... ۲۹

۳-۳-۱ آزمایش پرتونگاری پراش پرتو ایکس..... ۳۰

۳-۳-۲ آزمایش پرتونگاری فلورسانس پرتو ایکس ۳۰
۳-۳-۳ پرتونگاری مادون‌قرمز تبدیل فوریه ۳۰
۳-۳-۴ آزمایش دفع برنامه‌ریزی‌شده دمایی آمونیاک ۳۱
۳-۴ آزمایش خوراک و محصولات واکنش ۳۱
۳-۵ شرح فرآیند شکست کاتالیستی ۳۲
فصل ۴ نتایج و بحث ۳۵
۴-۱ مقدمه ۳۶
۴-۲ نتایج تعیین مشخصات ۳۶
۴-۲-۱ آزمایش پرتونگاری پراش پرتو ایکس ۳۷
۴-۲-۲ آزمایش پرتونگاری فلورسانس اشعه ایکس ۳۹
۴-۲-۳ آزمایش دفع برنامه‌ریزی‌شده دمایی آمونیاک ۴۰
۴-۲-۴ پرتونگاری مادون‌قرمز تبدیل فوریه ۴۳
۴-۳ بررسی فعالیت کاتالیست در فرآیند شکست کاتالیستی LPG ۴۶
۴-۳-۱ تأثیر نسبت Si/Al بر فعالیت کاتالیست ۴۶
۴-۳-۱-۱ میزان تبدیل ۴۶
۴-۳-۱-۲ انتخاب‌پذیری و بازده جرمی اتیلن ۵۲
۴-۳-۱-۳ انتخاب‌پذیری و بازده جرمی پروپیلن ۵۶
۴-۳-۱-۴ توزیع محصولات ۵۹
۴-۳-۲ شکست کاتالیستی در مجاورت کاتالیست HZSM-5 با بارگذاری‌های مختلف ۶۴
۴-۳-۲-۱ میزان تبدیل ۶۴
۴-۳-۲-۲ انتخاب‌پذیری و بازده جرمی اتیلن ۶۷
۴-۳-۲-۳ انتخاب‌پذیری و بازده جرمی پروپیلن ۶۹
۴-۳-۲-۴ توزیع محصولات ۷۰

فصل ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادها..... ۷۶

۵-۱ نتیجه‌گیری ۷۷

۵-۲ پیشنهادها ۷۸

مراجع ۸۰

فهرست علائم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
کاتالیست ZSM-5	ZSM-5
کاتالیست اسیدی	HZSM-5
کاتالیست اسیدی با نسبت Si/Al برابر ۲۵	HZSM-5 (25)
کاتالیست اسیدی با نسبت Si/Al برابر ۳۸	HZSM-5 (38)
کاتالیست اسیدی با نسبت Si/Al برابر ۸۰	HZSM-5 (80)
کاتالیست اسیدی با نسبت Si/Al برابر ۲۰۰	HZSM-5 (200)
کاتالیست بارگذاری شده با ۱۰٪ وزنی لانتان و ۱٪ وزنی فسفر در Si/Al برابر ۲۵	10La1P/HZSM-5 (25)
کاتالیست بارگذاری شده با ۱۰٪ وزنی لانتان و ۱٪ وزنی فسفر در Si/Al برابر ۳۸	10La1P/HZSM-5 (38)
کاتالیست بارگذاری شده با ۱۰٪ وزنی لانتان و ۱٪ وزنی فسفر در Si/Al برابر ۸۰	10La1P/HZSM-5 (80)
کاتالیست بارگذاری شده با ۱۰٪ وزنی لانتان و ۱٪ وزنی فسفر در Si/Al برابر ۲۰۰	10La1P/HZSM-5 (200)
کاتالیست بارگذاری شده با ۵٪ وزنی لانتان و ۱٪ وزنی فسفر در Si/Al برابر ۳۸	5La1P/HZSM-5 (38)
کاتالیست بارگذاری شده با ۵٪ وزنی لانتان و ۰/۵ ٪ وزنی فسفر در Si/Al برابر ۳۸	5La0.5P/HZSM-5 (38)

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ تصویر حفره کاتالیست و فرآیند واکنش شکست کاتالیستی ۸

شکل ۲-۲ یک چهار وجهی بنیادی با اتم مرکزی آلومینیوم ۱۰

شکل ۲-۳ اسید لوئیس و برونشتد در ساختار زئولیت‌ها. ۱۰

شکل ۲-۴ انواع انتخاب‌پذیری در زئولیت‌ها ۱۳

شکل ۳-۱ دستگاه تبخیرکننده گردان تحت خلأ ۲۸

شکل ۳-۲ نمای کلی سامانه آزمایشگاهی فرآیند شکست کاتالیستی LPG ۳۲

شکل ۴-۱ مقایسه طیف‌های XRD بدست آمده با نمونه استاندارد ZSM-5 ..... ۳۷

شکل ۴-۲ طیف XRD نمونه 10La1P/HZSM-5 در نسبت‌های مختلف Si/Al و مقایسه آن‌ها با الگوی استاندارد ۳۹

شکل ۴-۳ طیف NH_3-TPD نمونه 10La1P با نسبت‌های مختلف Si/Al ۴۲

شکل ۴-۴ طیف NH_3-TPD نمونه‌های مختلف بارگذاری شده بر روی کاتالیست HZSM-5 (38) ۴۳

شکل ۴-۵ مقایسه طیف FT-IR نمونه‌های مختلف ۴۵

شکل ۴-۶ نمودار مقایسه‌ای میزان تبدیل LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P/HZSM-5 با نمونه اسیدی در نسبت‌های مختلف Si/Al در حضور نیتروژن و بخار آب ۵۰

شکل ۴-۷ میزان تبدیل LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P/HZSM-5 با نسبت Si/Al مختلف در حضور نیتروژن ۵۱

شکل ۴-۸ میزان تبدیل LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P/HZSM-5 با نسبت Si/Al مختلف در حضور بخار آب ۵۱

شکل ۴-۹ مقایسه بازده جرمی اتیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت نمونه‌های 10La1P/HZSM-5 با نمونه اسیدی در نسبت‌های مختلف Si/Al در حضور نیتروژن و بخار آب ۵۴
شکل ۴-۱۰ انتخاب‌پذیری اتیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P با Si/Al مختلف در حضور نیتروژن ۵۵
شکل ۴-۱۱ انتخاب‌پذیری اتیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P با Si/Al مختلف در حضور بخار آب ۵۵
شکل ۴-۱۲ مقایسه بازده جرمی پروپیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت نمونه‌های 10La1P/HZSM-5 با نمونه اسیدی در نسبت‌های مختلف Si/Al در حضور نیتروژن و بخار آب ۵۷
شکل ۴-۱۳ انتخاب‌پذیری پروپیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P با Si/Al مختلف در حضور نیتروژن ۵۸
شکل ۴-۱۴ انتخاب‌پذیری پروپیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P با Si/Al مختلف در حضور بخار آب ۵۸
شکل ۴-۱۵ توزیع محصولات اصلی شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P/HZSM-5 با نسبت Si/Al مختلف در حضور بخار آب و نیتروژن. ۶۱
شکل ۴-۱۶ توزیع محصولات فرعی شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P/HZSM-5 با نسبت Si/Al مختلف در حضور بخار آب و نیتروژن. ۶۲
شکل ۴-۱۷ انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P با Si/Al مختلف در حضور نیتروژن ۶۳
شکل ۴-۱۸ انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست 10La1P با Si/Al مختلف در حضور بخار آب ۶۳
شکل ۴-۱۹ میزان تبدیل LPG در مجاورت کاتالیست HZSM-5 (38) با بارگذاری مختلف در حضور نیتروژن ۶۶

شکل ۴-۲۰ میزان تبدیل LPG در مجاورت کاتالیست HZSM-5 (38) با بارگذاری مختلف در حضور بخار آب ۶۶
شکل ۴-۲۱ بازده جرمی اتیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست با بارگذاری مختلف در حضور نیتروژن ۶۷
شکل ۴-۲۲ بازده جرمی اتیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست با بارگذاری مختلف در حضور بخار آب ۶۸
شکل ۴-۲۳ بازده جرمی پروپیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست با بارگذاری مختلف در حضور نیتروژن ۶۹
شکل ۴-۲۴ بازده جرمی پروپیلن حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست با بارگذاری مختلف در حضور بخار آب ۷۰
شکل ۴-۲۵ توزیع محصولات اصلی حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست HZSM-5 (38) با بارگذاری‌های مختلف ۷۳
شکل ۴-۲۶ توزیع محصولات فرعی حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست HZSM-5 (38) با بارگذاری‌های مختلف ۷۴
شکل ۴-۲۷ انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست HZSM-5 (38) با بارگذاری مختلف در حضور نیتروژن ۷۵
شکل ۴-۲۸ انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک حاصل از شکست LPG در مجاورت کاتالیست HZSM-5 (38) با بارگذاری مختلف در حضور بخار آب ۷۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ مشخصات کاتالیست‌های NaZSM-5 ..... ۲۶

جدول ۳-۲ ترکیب خوراک LPG مورد استفاده ۳۴

جدول ۳-۳ کلیه آزمایش‌های صورت گرفته برای بررسی فرآیند شکست کاتالیستی LPG..... ۳۴

جدول ۴-۱ درصد بلورینگی نمونه‌های NaZSM-5 با نسبت Si/Al مختلف ۳۸

جدول ۴-۲ نتیجه آزمایش XRF و نسبت‌های Si/Al محاسبه‌شده با توجه به نتایج ۴۰

جدول ۴-۳ قدرت و مقدار اسیدیته نمونه‌های مختلف، محاسبه شدت از طیف NH_3-TPD..... ۴۲

جدول ۴-۴ مقایسه نسبت سطح پیک گروه هیدروکسیل به پیک ثابت $1105cm^{-1}$ زئولیت..... ۴۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱ ضرورت و هدف از انجام تحقیق

الفین‌های سبک (اتیلن و پروپیلن) ماده اولیه بسیاری از صنایع پتروشیمی هستند، بر اساس پیش-بینی‌های صورت گرفته انتظار می‌رود بازار مصرف آن‌ها سالانه ۴-۵ درصد افزایش داشته باشد [۱]. در حال حاضر ۷۰ درصد الفین‌های سبک از طریق شکست با بخار[1]، ۱۸ درصد از طریق FCC، ۱۰ درصد از طریق تبدیل متانول به الفین (MTO) و ۲ درصد از روش هیدروژن زدایی از پارافین‌ها تولید می‌شود [۲]. در نتیجه می‌توان گفت که سهم عمده‌ای از الفین‌های مورد نیاز از روش شکست با بخار و FCC تولید می‌شود که به دلیل دمای عملیاتی بالا، میزان مصرف انرژی بسیار زیادی دارند [۳].

امروزه با توسعه روش‌های کاتالیستی به کمک فرآیند شکست کاتالیستی پارافین‌ها، می‌توان الفین‌های سبک را در دمایی به مراتب کمتر تولید کرد در نتیجه میزان مصرف انرژی که مهم‌ترین مشکل در تولید الفین‌های سبک محسوب می‌شود را کاهش داد. به همین دلیل این فرآیند مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است [۴].

---

[1] Steam Cracking

یکی از مهم‌ترین پارامترها در عملکرد کاتالیست ZSM-5 میزان و نوع اسیدیته آن است. اسیدیته کاتالیست تحت تأثیر نسبت Si/Al آن تغییر می‌کند یعنی با افزایش نسبت Si/Al و در نتیجه کاهش آلومینیوم درون ساختار اسیدیته کاتالیست کاهش می‌یابد [۵, ۶]. نسبت Si/Al علاوه بر اسیدیته بر خواص کاتالیست نیز تأثیر می‌گذارد به عنوان مثال با افزایش این نسبت پایداری هیدروترمال[1] کاتالیست افزایش می‌یابد در نتیجه میزان حذف آلومینیوم و در نتیجه کاهش فعالیت کاتالیست در طول فرآیند کاهش می‌یابد [۷]. بنابراین مطالعه اثر Si/Al بر عملکرد کاتالیستی ZSM-5 از اهمیت زیادی برخوردار است.

بارگذاری کاتالیست به طور مستقیم بر عملکرد کاتالیست تأثیر می‌گذارد، بر اساس تحقیقات صورت گرفته بارگذاری لانتان باعث کاهش میزان محصولات سنگین و آروماتیک‌ها شده و انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک را افزایش می‌دهد [۸]. همچنین بارگذاری فسفر باعث کاهش میزان حذف آلومینیوم و در نتیجه افزایش پایداری کاتالیست در طول واکنش می‌شود، همچنین حضور فسفر انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک را نیز افزایش می‌دهد [۷, ۹]. بارگذاری همزمان لانتان و فسفر نیز سبب افزایش انتخاب‌پذیری الفین‌های سبک و پایداری کاتالیست می‌شود [۸].

تاکنون خوراک‌های سنگین، محدوده‌ی نفتا (آلکان‌های C_6-C_8)، آلکان‌های C_4 و هیدروکربن‌های سبک‌تر از C_4 در فرآیند شکست کاتالیستی استفاده شده است [۱۰]. گاز نفتی مایع شده (LPG)[2] عمدتاً ترکیبی از بوتان و پروپان است بخش اعظم LPG تولیدی، به عنوان

[1] Hydrothermal Stability

[2] Liquified Petroleum Gas

سوخت به مصارف خانگی یا صنعتی می‌رسد و به این ترتیب حجم زیادی از منابع انرژی و هیدروکربن‌ها اتلاف می‌شود [۱۱].

البته با توجه به منابع عظیم گازی کشور، کاربرد LPG برای تولید مواد باارزشی مانند اتیلن و پروپیلن می‌تواند در توسعه اقتصادی و صنعتی تأثیر بسزایی داشته باشد.